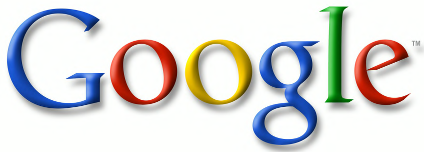
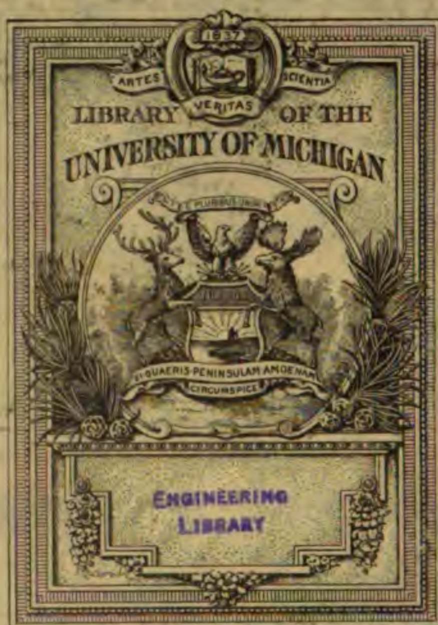
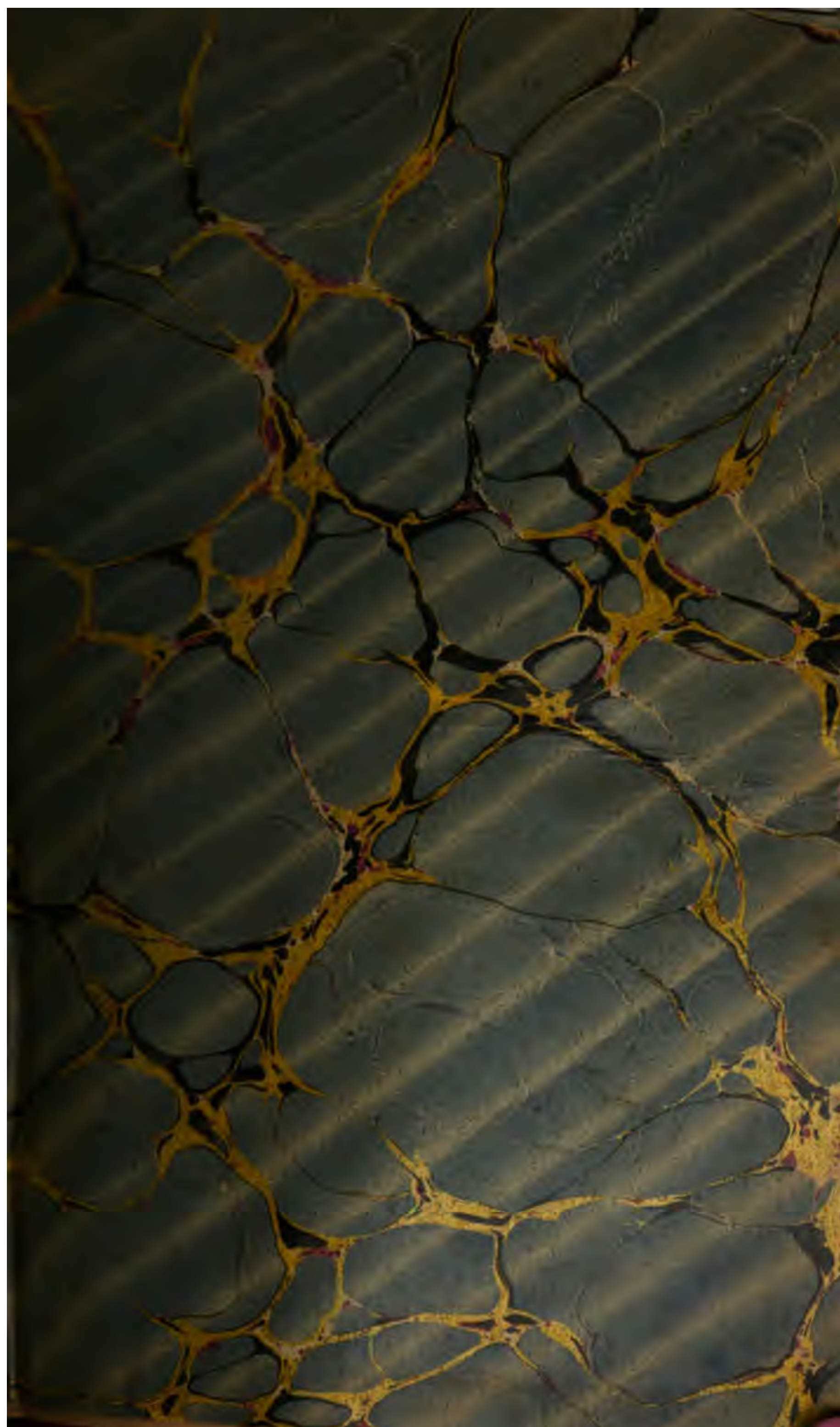




1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

5e SÉRIE.

TOME XV.

1878

1er SEMESTRE.

PARIS. — IMPRIMERIE ARNOUS DE RIVIÈRE
Rue Racine, 26, près de l'Odéon.

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR;

LOIS, DÉCRETS, ARRÊTÉS ET AUTRES ACTES

CONCERNANT

L'ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS.

—

5e SÉRIE.

TOME XV.

—

1878

1er SEMESTRE.

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

Quai des Augustins, n° 49.

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR.

N° 1

PRIX DÉCERNÉS

PAR DÉCISION MINISTÉRIELLE DU 20 NOVEMBRE 1877,

conformément à la circulaire du directeur général des ponts et chaussées du 28 janvier 1835,

AUX AUTEURS

des meilleurs mémoires publiés dans les Annales des ponts et chaussées

EN 1875.

MÉDAILLE D'OR DE 600 FRANCS

A M. de Montgolfier, ingénieur des ponts et chaussées, pour sa *Notice sur les travaux exécutés pour la conduite d'eau de la ville de Saint-Étienne et la construction du réservoir du Furens.*

MÉDAILLE D'OR DE 300 FRANCS

A M. Léon Pochet, ingénieur des ponts et chaussées, pour son

Mémoire sur la mise en valeur de la plaine de l'Habra (province d'Oran, Algérie) : barrage-réservoir, assainissement, irrigations.

MENTION HONORABLE

A M. Olry de Labry, ingénieur en chef des ponts et chaussées, pour son *Étude sur les rapports financiers établis pour la construction des chemins de fer entre l'État et les six principales compagnies françaises.*

N° 2

NOTICE

SUR

L'ESCAUT MARITIME ET LE PORT D'ANVERS

Par M. QUINETTE DE ROCHEMONT,
Ingénieur des ponts et chaussées.

CHAPITRE Ier.

HISTORIQUE.

Anvers, aux XIIIe et XIVe siècles, faisait partie de la ligue Hanséatique, c'était un des principaux ports de l'Europe; sa population dépassait 180.000 habitants.

Au dire des écrivains de l'époque, Guicciardini, Scribanius et autres, il n'y avait pas moins de 500 navires arrivant ou partant chaque jour; fréquemment une seule marée amenait 400 bateaux dans le port, et souvent on en comptait jusqu'à 2.500 à la fois dans l'Escaut.

Le traité de Westphalie (1648) porta un coup fatal à Anvers; l'entrée de l'Escaut fut interdite aux navires; toutes les marchandises devaient être déchargées sur le territoire hollandais et ne pouvaient être transportées dans l'intérieur des terres que par des barques et moyennant des droits considérables. C'est de cette époque que date la prépondérance d'Amsterdam et de Rotterdam. Cet état de choses dura jusqu'au traité de La Haye (10 mai 1795), qui rendit libre la navigation du fleuve.

Lors de sa réunion à la France, le port d'Anvers ne se composait que d'un quai situé sur la rive droite de l'Escaut, et de six criques ou canaux.

Pendant le Consulat, Bonaparte décida la création d'un arsenal maritime. Cet arsenal, placé immédiatement en aval de la citadelle, fut terminé sous l'Empire; il comprit d'abord huit cales de construction pour vaisseaux et une pour frégates. Plus tard on établit, en amont de la citadelle, de grandes forges et dix autres cales pour vaisseaux et corvettes.

Napoléon fit, en outre, construire au Nord de la ville deux bassins qui furent livrés à la navigation en 1811 et 1813; deux formes de radoub devaient être placées au fond du grand bassin; les fouilles et les pilotis de l'une d'elles étaient achevés lorsque les travaux furent interrompus par les événements de 1814. Plus tard, les fouilles furent comblées, et, sur cet emplacement, on construisit le grand entrepôt royal.

En même temps on commença le quai Van Dyck, et l'on exhaussa, en partie, le quai Jordaens. Les dépenses faites pour les bassins et les quais de l'Escaut, pendant la domination française, se sont élevées environ à 13 millions de francs.

Le traité du 21 juillet 1814 réunit la Belgique à la Hollande pour former le royaume des Pays-Bas.

Le Gouvernement néerlandais se désintéressa complétement de l'administration et des travaux du port d'Anvers. Les arrêtés royaux des 11 mai et 12 décembre 1815 firent abandon des bassins à la Ville. Les quais de l'Escaut lui furent également remis en vertu de l'arrêté du 20 avril 1819.

Les dépenses d'entretien et d'amélioration des quais et des bassins furent alors couvertes par la perception de droits de navigation dont les tarifs étaient approuvés par le Roi.

La Ville dépensa 428.000 francs pour achever les quais

commencés sous l'Empire ; le Gouvernement néerlandais, de son côté, avant 1819, avait consacré à ces travaux une somme de 21.842 florins (46.217f,67).

L'entrepôt royal, placé à l'Est des bassins, a été construit en 1828 par les soins d'une commission spéciale. La dépense a été soldée au moyen d'un emprunt de 700.000 florins ; les revenus de cet établissement ont suffi au payement des intérêts et à l'amortissement. Après apurement de la dette, l'entrepôt est devenu propriété de l'État.

En 1830, la ville d'Anvers fut bombardée par les Hollandais. Le 23 décembre 1832, la citadelle tomba au pouvoir des Français, qui la remirent aussitôt à la Belgique.

Les questions relatives à la navigation de l'Escaut ne furent définitivement réglées entre la Belgique et les Pays-Bas que par les traités des 19 avril 1839 et 5 novembre 1842. Des règlements internationaux ont été faits à diverses reprises, notamment les 20 mai 1843 et 15 juillet 1863 ; une commission permanente de six membres a été instituée pour la surveillance commune de la navigation et du pilotage de l'Escaut.

Les arrêtés royaux des 15 janvier 1845 et 17 juillet 1847 ont cédé à la compagnie des chemins de fer du pays de Waës une partie des quais de l'Escaut, qui n'avaient pas été précédemment remis à la Ville.

Le Conseil communal d'Anvers, en 1853, adopta en principe la construction, en dehors des fortifications, d'un nouvel établissement maritime comprenant un bassin à flot de 140 mètres de largeur sur 300 mètres de longueur, un sas et une forme de radoub.

Les travaux, commencés en 1856, ont été terminés en 1860 ; ils ont été entièrement exécutés par la Ville et à ses frais, sauf l'écluse d'aval du sas. Cette écluse, construite par l'État, a 24m,80 de largeur ; elle n'avait d'abord été projetée qu'à 12 mètres, alors qu'elle ne devait servir que de débouché au canal de la Campine. L'accroissement de

dépenses qui est résulté de cet élargissement s'est élevé à 1 million et demi environ.

La convention du 27 août 1858, passée entre la Ville et le Gouvernement belge, a réglé les conditions d'exploitation du bassin du Kattendyk. Les bateaux qui vont de l'Escaut dans le canal de la Campine, et réciproquement, ne payent aucun droit à la Ville. Les navires entrant au bassin ou en sortant, ne payent aucune redevance à l'État. Les dépenses pour la manœuvre et l'entretien de l'écluse d'aval du sas sont payées moitié par la Ville et moitié par l'État.

Le déclassement des anciennes fortifications et la construction d'une nouvelle enceinte ont fait l'objet de la loi du 8 septembre 1859. Les terrains occupés par les ouvrages militaires ont été remis à la Ville le 8 septembre 1864, moyennant le payement d'une somme de 10 millions. De nouveaux quartiers, avec grands boulevards et parcs, ont été établis sur ces terrains.

Le quai du Rhin, compris entre l'écluse du Kattendyk et l'écluse d'entrée des vieux bassins, a été construit par l'État. Une première partie de 160 mètres de longueur a été faite en 1843; la seconde a été commencée en 1862. Précédemment, la Ville avait dépensé plus de 1.500.000 francs pour améliorer les quais de l'Escaut et construire quelques appontements en charpente.

Le rachat des droits de péage de l'Escaut, effectué conformément aux stipulations du traité du 12 mars 1863, a beaucoup contribué au développement commercial du port. Pour cette opération, chaque pays intéressé a fourni une subvention proportionnelle à l'importance de son commerce avec Anvers. En même temps, les droits de navigation perçus par le Gouvernement belge ont été supprimés et les taxes locales revisées et réduites.

Par la loi du 5 juin 1839, le Gouvernement belge avait déjà pris à sa charge les droits de péage réclamés par la

Hollande; il payait directement aux Pays-Bas, et sur les fonds du trésor, le montant de ces droits qui s'étaient élevés environ à 1 million pendant les dernières années. Le péage était de 1 florin 12 cents (2^f,37) par tonneau pour les navires remontant l'Escaut, et de 38 cents (0^f,80) par tonneau à la descente.

La navigation avait été également facilitée par un système de balisage et d'éclairage fort bien entendu, dont la convention du 31 mars 1866 avait fixé les bases, mais qui a été amélioré depuis.

Bien que le bassin du Kattendyk ait été agrandi, on n'a pas tardé à sentir la nécessité de créer de nouveaux docks. La construction des bassins de Jonction, de la Campine et du Canal a été décidée en 1865. Le bassin de Jonction a été livré au commerce le 10 octobre 1869; les bassins de la Campine et du Canal le 30 juillet 1873. La dépense résultant de l'exécution de ces travaux a été d'environ 10 millions.

Le barrage de l'Escaut oriental, terminé en 1867, a été exécuté par une compagnie anglaise à laquelle le gouvernement des Pays-Bas a concédé l'endiguement du Sud-Beveland.

Les chemins de fer sur les quais ont été établis en vertu de la loi du 8 juillet 1865, qui a alloué une somme de 4 millions; un autre crédit de même importance fut accordé peu après, puis un troisième s'élevant à 2 millions (loi du 12 mai 1872). De plus, 10 millions ont été dépensés pour le détournement du chemin de fer à l'intérieur des fortifications, l'établissement des gares de Stuyvenberg et des bassins, et la pose de voies sur les quais. Ces derniers travaux ont été faits par l'État à la suite d'un contrat passé avec la Ville le 5 décembre 1871. Celle-ci céda gratuitement environ 11 hectares de terrains pour les installations du chemin de fer.

Le 22 avril 1873, le Conseil communal d'Anvers soumit

au Gouvernement un nouvel avant-projet relatif à l'agrandissement du port par la création de nouveaux bassins s'étendant jusqu'aux fortifications. Un bassin spécial pour les pétroles devait être établi sur les fronts intérieurs de la citadelle Nord. L'État s'engagea à construire à ses frais la troisième écluse donnant accès dans les établissements projetés. Mais ces travaux ont été ajournés, la reconstruction des quais de l'Escaut ayant paru plus urgente.

A la suite de longues négociations entre la Ville et le Gouvernement, est intervenue la loi du 17 avril 1874 approuvant les conventions passées entre le ministre des finances, la Ville et la Compagnie Immobilière de Belgique; ces conventions ont pour objet la reconstruction des quais, le creusement d'un bassin de batelage et la création de nouveaux quartiers sur l'emplacement de la citadelle du Sud.

Un arrêté royal, en date du 18 septembre 1875, a approuvé le plan des nouveaux quartiers; le tracé des quais de l'Escaut, qui avait été réservé, vient d'être définitivement adopté.

Les quais et le bassin de batelage seront construits aux frais de l'État, qui supportera également les dépenses d'expropriation. Les canaux des Brasseurs, Saint-Pierre, au Charbon et Saint-Jean seront comblés.

A mesure qu'une section des quais sera reconstruite et nivelée, que les pavages seront terminés, la Ville y installera, à ses frais, tous les engins nécessaires au chargement et au déchargement des navires; elle construira également les hangars, magasins ou lieux de dépôt pour les marchandises et des salles d'attente pour voyageurs aux débarcadères des bateaux à vapeur.

Les dépenses de dragage du fleuve, ainsi que les grosses réparations ou les reconstructions partielles des murs de quai, seront à la charge de l'État. Toutes les autres dépenses d'entretien et de renouvellement incomberont à la Ville.

L'État établira à ses frais les voies ferrées, il en percevra seul les péages; toutes les dépenses d'entretien, de renouvellement et d'exploitation de ces voies seront à sa charge.

Les travaux ne seront exécutés qu'après entente entre l'État et la Ville.

Les recettes brutes de toute nature provenant directement ou indirectement des quais, terrains ou autres dépendances, tels que droits de navigation, taxes, redevances ou rétributions pour l'emploi des grues, l'usage ou la location des hangars, magasins et salles d'attente, et généralement tous les produits, seront partagés de la manière suivante :

La Ville prélèvera les frais de gestion et de surveillance ainsi qu'une somme annuelle de 150.000 francs, moyennant laquelle elle pourvoira aux frais de police, d'entretien, de renouvellement des pavages et autres dépenses de toute nature qui sont à sa charge. Après la troisième année d'exploitation, les frais de gestion et de surveillance seront fixés à forfait moyennant un certain pourcentage des recettes.

Le surplus des recettes sera partagé entre la Ville et l'État au prorata des dépenses de premier établissement qu'ils auront faites.

Tous les règlements et tarifs devront être approuvés par le Gouvernement. Celui-ci se réserve, en tout temps, le droit de réclamer l'abaissement des tarifs dans l'intérêt du commerce. Mais si la Ville ne donne pas son assentiment à cette mesure, l'État lui tiendra compte de la diminution des revenus provenant de la réduction des droits. L'indemnité sera calculée d'après la recette la plus forte pendant les cinq derniers exercices.

A partir de la quarantième année après la mise en service de tous les quais à reconstruire, le contrat pourra être dénoncé de part et d'autre, d'année en année, en prévenant au moins six mois d'avance.

Une nouvelle gare de 13 hectares de superficie sera établie au Sud de la ville; la construction en est commencée.

Un pont avec voies pour chemins de fer, voitures et piétons sera construit sur l'Escaut, à l'extrémité de la nouvelle gare. Ce pont aura une travée mobile pour permettre le passage des bateaux remontant le fleuve.

La création des nouveaux quartiers se fera de compte à demi entre la Ville et la Compagnie Immobilière de Belgique (convention du 12 mars 1874).

Les terrains provenant de la citadelle Sud ont été vendus 14 millions de francs à la Compagnie Immobilière, qui a formé une société dite du Sud d'Anvers, pour exécuter les travaux en participation avec la Ville. Celle-ci a reçu la moitié des actions, déduction faite de 1.500 réservées aux administrateurs et commissaires.

En 1874, le Conseil communal a décidé un emprunt de 60 millions, sur lequel il sera prélevé 20 millions pour l'extension, l'amélioration et l'outillage des bassins actuels, et 5 millions pour l'outillage des quais de l'Escaut.

Les travaux comprennent : l'élargissement des quais Sud et Est du grand bassin; l'agrandissement du bassin du Kattendyk; l'établissement de grues et la construction de hangars autour du grand bassin et des bassins du Kattendyk et au Bois; la construction de trois nouvelles formes de radoub; l'établissement d'estacades en charpente autour de certains bassins n'ayant pas de murs de quais; enfin, des appareils hydrauliques pour manœuvrer les portes et les ponts, et faciliter la manutention des marchandises.

Plusieurs de ces travaux sont déjà terminés, d'autres sont en cours d'exécution.

CHAPITRE II.

RENSEIGNEMENTS GÉOGRAPHIQUES ET HYDROGRAPHIQUES.

Anvers est situé sur la rive droite de l'Escaut, à 100 kilomètres environ de la mer. La grande tour de l'église se trouve par 51° 13' 17" de latitude Nord et par 2° 3' 58" de longitude Est.

La ville est construite au milieu d'une plaine très-étendue, dont une partie, au-dessous du niveau des pleines mers, a été successivement endiguée.

De nombreux canaux et un réseau de voies ferrées très-complet mettent Anvers en relations directes avec toute la Belgique, le Nord et l'Est de la France, ainsi qu'avec la Hollande et le centre de l'Allemagne.

L'Escaut est réuni à la Meuse et aux canaux du Sud de la Hollande par le canal d'Hanswest, et par celui de la Campine avec ses annexes; à la Sambre par le Rupel et les canaux de Willebroeck et de Charleroy; il communique avec tout le réseau des voies navigables du Nord de la France, directement ou par l'intermédiaire de ses affluents en partie canalisés, la Dendre, la Lys, la Scarpe et la Sensée. Enfin, la Durme, le canal de Gand à Bruges donnent accès de l'Escaut dans les canaux de l'Ouest de la Belgique, et dans ceux qui, en France, aboutissent à Dunkerque et à Bergues.

Des chemins de fer dans la direction d'Hasselt, Maëstricht et Aix-la-Chapelle d'une part, de Bruxelles, Namur et Luxembourg d'autre part, desservent une grande partie de l'Allemagne et l'Alsace-Lorraine. La jonction avec les chemins de fer français se fait par Bruxelles, Charleroy,

Givet; par Bruxelles, Mons, Valenciennes ou Maubeuge, et aussi par Gand, Courtrai et Lille.

Anvers se trouve alors dans d'excellentes conditions pour satisfaire aux besoins du commerce. Ce port est plus rapproché que le Havre de l'Alsace-Lorraine, de l'Allemagne et du Nord de la France, il est moins éloigné que Hambourg d'une grande partie de l'Allemagne. Il est en concurrence avec le Havre dans l'Est de la France et en Suisse; avec Hambourg et les ports de la Hollande dans le centre de l'Allemagne. L'importance relative de ces divers ports dépendra donc beaucoup des tarifs des chemins de fer y aboutissant.

Escaut.

L'Escaut prend naissance en France, à 7 kilomètres au Sud du Catelet ; il ne doit son importance dans la partie aval qu'au jeu des marées. C'est la mer qui a creusé les grands réservoirs qu'elle remplit à haute mer et qui offrent à basse mer des sections hors de proportion avec le débit du fleuve en amont.

A partir de Burght, sur la rive gauche, de Stabrouck et de Santvliet, sur la rive droite, les bords du fleuve sont endigués, on a conquis de vastes terrains appelés polders, dont le niveau est inférieur à celui des pleines-mers. Aussi l'Escaut a-t-il peu de pente; de Hemixen à la mer, sur 110 kilomètres environ, la pente de la ligne joignant les plus bas étiages n'est que de $0^{m},40$.

La largeur du fleuve (Pl. 1),

		mètres.			mètres.	
A Flessingue	est de	4.275	à basse mer	et de	4.870	à haute mer.
A Borselen	—	4.790	—		5.520	—
A Terneuse	—	3.480	—		4.860	—
A Hanswest	—	3.020	—		3.830	—
A Bath	—	2.400	—		5.750	—
A Doel	—	555	—		1.445	—
A Lillo	—	745	—		840	—

		mètres.		mètres.	
En face de l'écluse du Kattendyk (Anvers).	est de	500	à basse mer et de	550	à haute mer.
Au droit du Werf (Anvers).		295	—	347	—
A la batterie Saint-Michel (Anvers). . .		335	—	415	—
A Burght.		400	—	500	—

Précédemment à Bath, l'Escaut se divisait en deux bras, mais la branche orientale a été barrée en 1867, toutes les eaux passent actuellement par l'Escaut occidental ou Hont.

De Flessingue à Lillo, le fleuve recouvre à basse mer 20.390 hectares, et à pleine mer 39.119 hectares ; de Lillo à Anvers, il recouvre 880 hectares à basse mer et 1.236 hectares à pleine mer.

A Anvers, l'eau commence à devenir saumâtre à marée haute ; près du Rupel, elle reste presque toujours douce, bien que l'amplitude de la marée y soit encore de près de 4 mètres. A mer basse, l'eau est toujours salée en aval du fort la Perle ; sa densité est supérieure à 1.009.

En aval de Doel, le lit de l'Escaut est encombré de bancs de sable qui donnent lieu à beaucoup de faux chenaux appelés schaars ; en amont, on trouve plusieurs hauts-fonds tenant généralement au passage du courant d'une rive sur l'autre.

Dans la partie basse, les atterrissements sont formés de sables légers et très-mobiles qui sont amenés du large par les tempêtes. Ces sables se déposent au moment de l'étale de flot, le jusant en entraîne une partie, mais il en reste toujours une certaine quantité, Les bancs se trouvent généralement à l'aval des parties saillantes des rives auxquelles elles se rattachent en amont, le flot tend alors à les détacher des rives, et creuse les faux chenaux.

Les atterrissements ont été favorisés par les endiguements des polders qui ont eu pour effet de diminuer le volume de

l'eau entrant et sortant à chaque marée, et par les saignées ou dérivations faites dans le haut Escaut.

Avant les endiguements datant du XIe siècle, la mer couvrait la plus grande partie du littoral; plusieurs passes larges et profondes communiquant avec l'Escaut, laissaient écouler les eaux à la mer pendant le jusant. Les principales de ces passes étaient : le Zwyn, qui menait aux ports de Damme et de l'Écluse; le Brackman, qui passait au sas de Gand et à Axel; le Hellegat, qui passait à Axel et à Hulst et qui débouchait dans l'Escaut, près de l'emplacement actuel du fort Sainte-Marie.

Les saignées faites à l'Escaut sont : le canal de Gand à Ostende par Bruges, le canal de Gand à Terneuse et les canaux de la Liève et de Zelzaete débouchant dans la mer du Nord, près de Heyst; ces deux derniers servent à l'assèchement de la plaine.

La traverse la plus sèche se trouve près de la frontière Hollando-Belge, il n'y reste que 5m,6 d'eau à basse mer; dans la passe en aval de Bath, les cartes indiquent 6m,4 comme profondeur minima. En face d'Anvers, un haut-fond est coté 4m,7.

Si le banc qui existe près de la frontière se prolongeait sur le territoire néerlandais, les Pays-Bas n'auraient aucun intérêt à le faire disparaître et le port d'Anvers pourrait être compromis au profit de Flessingue ou d'Amsterdam. Aussi le Gouvernement belge s'est-il préoccupé, à diverses reprises, des atterrissements du bas Escaut. Plusieurs commissions ont été successivement chargées de rechercher et de proposer les meilleurs moyens de maintenir les profondeurs de l'Escaut maritime. La dernière de ces commissions, nommée par arrêté du 29 juillet 1870, a présenté un programme qui a reçu, en général, un accueil favorable.

Le lit de l'Escaut serait rectifié dans la traversée d'Anvers, la saillie formée par le Werf enlevée, et la largeur du

fleuve portée uniformément à 350 mètres. Afin de maintenir le courant au pied des quais, la rive droite serait légèrement concave vers le fleuve. Au droit de l'ancienne citadelle, la nouvelle rive empiéterait assez notablement sur l'Escaut ; elle se raccorderait en amont avec la berge actuelle au moyen d'un mur ou d'une digue perreyée.

La commission recommande, en outre, de faciliter les courants que la marée produit dans le lit du fleuve ; elle demande que l'on rende à l'Escaut toutes les eaux qui doivent y affluer naturellement et qui ont été dirigées vers la mer du Nord. Elle propose, en conséquence, d'ouvrir aux eaux d'inondation des environs de Gand, une communication facile débouchant dans l'Escaut (canal de Swynaerde à Melle), de rectifier et d'élargir l'entrée du Rupel afin que la marée se propage plus facilement dans cette rivière. Aucune concession nouvelle de Schorre, ou digue d'été, ne serait plus faite dans l'avenir. Des dragages seraient exécutés à divers points du fleuve, et, particulièrement dans la traversée d'Anvers, aux endroits où le lit aurait été rétréci.

La reconstruction des quais permettra bientôt de régulariser l'Escaut sur une certaine longueur. On s'occupe également, aux abords de Gand, de restituer au fleuve une partie des eaux d'inondation; un premier crédit a été alloué, à cet effet, en 1871. Des dragages vont être commencés ; le Gouvernement belge se propose de négocier avec la Hollande, afin de poursuivre les travaux dans ce pays, si la nécessité s'en faisait sentir.

Marées.

Après avoir doublé la partie Nord de l'Écosse et les Orcades, l'onde de marée, qui s'est propagée dans l'Océan Atlantique, redescend dans la mer du Nord ; elle rencontre alors au large des bancs de Flandre l'onde qui a traversé la Manche et le Pas-de-Calais

La ligne suivant laquelle a lieu la rencontre se rapproche plus ou moins des côtes de la Belgique et de la Hollande, suivant que le vent donne un effet prédominant à l'une ou à l'autre de ces ondes.

La propagation de la marée dans l'Escaut est principalement influencée par l'onde venant de la Manche. Mais avec des grands vents de N.-O. il en est parfois autrement, la rencontre se faisant alors à l'embouchure même du fleuve, l'ascension de la marée est plus forte, le plein arrive plus tôt et la courbe de marée présente, assez souvent, deux maxima de hauteur d'eau.

Dans les conditions normales, la mer monte régulièrement près de trois heures après la basse mer; à partir de ce moment elle s'élève beaucoup plus rapidement.

La marée se fait sentir dans l'Escaut jusqu'à l'écluse de la Pêcherie, à Gand, et dans ses affluents : la Durme, le Rupel, la Dyle et les deux Nèthes. Pendant les grandes crues, le flot ne dépasse pas Wetteren, situé à 21 kilomètres en aval de Gand.

Au large des bancs de l'embouchure, le flot commence deux heures avant la haute mer à Flessingue; il vient du Nord et court bientôt à l'E.-S.-E., vers l'île de Walcheren et la côte de Flandre. Au moment de la pleine mer, le courant s'écarte lentement de la côte et, une heure après, il porte au N.-E. atteignant son maximum de vitesse qui est d'un peu plus de 2 nœuds.

Trois heures après la pleine mer, à Flessingue, le courant de la rivière commence à être sensible en dehors des bancs; il se dirige vers le N.-O. $\frac{1}{4}$ O. en se rapprochant de la direction des passes; un peu avant la basse mer, il atteint l'O.-S.-O. puis le S.-O. $\frac{1}{4}$ O. Son maximum de vitesse, qui ne dépasse pas celle du flot, a lieu au moment de basse mer. Le jusant continue ensuite à porter au S.-O. $\frac{1}{4}$ O. et même à l'O.-S.-O. dans le Wielingen.

A Paardemmarkt, le flot continue pendant $2^h,15^m$ après

la pleine mer ; il en est à peu près de même pour le jusant après la basse mer.

A Flessingue, l'étale de flot a lieu 50 minutes après l'heure du plein. Ce retard diminue de plus en plus en amont; à Anvers, il est de 15 minutes. Le jusant persiste également après la basse mer, mais un peu moins longtemps que le flot après le plein; à Flessingue, le courant cesse 30 minutes après le bas de l'eau.

La durée du flot et du jusant varie peu de Flessingue à Bath, elle change notablement en remontant au delà de Doel, à mesure que la quantité d'eau de marée est moindre et que la pente de la rivière augmente.

A Anvers, le flot dure en moyenne $5^h,38^m$ et le jusant $6^h,46^m$. La vitesse maxima du flot est de $1^m,90$; celle du jusant de $1^m,85$; ces maxima ont lieu $3^h,35^m$ et $3^h,3^m$ après que le courant a commencé à se produire. Les vitesses moyennes du flot et du jusant sont respectivement de $1^m,25$ et de $1^m,35$.

Le tableau suivant fait connaître les diverses particularités de la courbe de marée en plusieurs points.

Les hauteurs sont rapportées au niveau moyen des basses mers d'Ostende, un jour et demi après les syzygies.

LIEUX des observations.	DISTANCE COMPTÉE suivant le thalweg.	ÉTABLISSEMENT.	RETARD moyen de la marée sur l'heure du passage de la lune au méridien.		COTE DU NIVEAU MOYEN.	UNITÉ DE HAUTEUR.	DEMI-AMPLITUDE moyenne de la marée.	COTE moyenne aux syzygies des		COTE moyenne des	
			Hautes mers.	Basses mers.				hautes mers.	basses mers.	hautes mers.	basses mers.
	kilom.	h. m.	h. m.	h. m.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
Flessingue. . . .	»	0,54	0.39	7.6	1,65	2,07	1,815	3,72	−0,42	3,465	−0,165
Hoofdplaat. . .	6,0	»	1,1	7,5	1,69	2,17	1,815	3,86	−0.48	3,535	−0,155
Borselen.	11,2	»	1,5	7,23	1,72	2.14	1,880	3,86	−0,42	3,600	−0,160
Terneuse. . . .	20,6	1,35	1,26	7,59	1,68	2,24	1,965	3,92	−0,56	3,645	−0,285
Hanswest. . . .	36,0	»	2,22	8,36	1,73	2,29	2,050	4,02	−0,56	3,780	−0,320
Bath.	52,0	3.4	2,47	8,56	1,77	2.44	2,175	4,21	−0,67	3,945	−0,405
Doel.	59,6	3,18	3,1	9,35	2,02	2,36	2,160	4.38	−0,34	4,180	−0,140
Sainte-Marie. .	67,7	»	3,11	9,56	2,11	2,36	2,155	4.47	−0,25	4,265	−0,045
Anvers.	75,2	4,20	3,29	10,15	2,27	2,31	2,120	4.58	−0,04	4.390	+0,150
Hemixen. . . .	87,3	»	3,58	10,51	2.35	2,39	2,115	4.74	−0,04	4,465	+0,235
Schelle (Rupel).	89,2	»	4,12	11.6	2,46	2,18	2,025	4,64	+0,28	4,485	+0,435
Tamise.	96,3	»	4,13	11,31	2,56	2,13	1,990	4.69	+0.43	4,550	+0,570
Termonde. . . .	118,9	6,17	5,18	12,56	3,07	1.45	1,370	4,52	+1,62	4,440	+1,700
Wetteren. . . .	147,2	»	7,1	15,19	3.40	0,72	0,650	4,12	+2,68	4,050	+2,750
Gand.	168,4	»	8,21	16,35	4,00	0,61	0,515	4,61	+3,39	4,515	+3,485

Lorsque la mer est basse à Flessingue, elle est haute à Wetteren; la pleine mer, à Flessingue, coïncide avec la basse mer à Termonde.

La ligne des étiages s'abaisse depuis l'embouchure du fleuve jusqu'aux environs de Bath où se trouve le minimum de hauteur; elle remonte ensuite.

Le niveau des hautes mers se relève jusqu'à l'embouchure du Rupel où il arrive à un maximum, au delà il s'abaisse pour remonter en amont de Wetteren et atteindre un second maximum à Gand.

Les rétrécissements ont pour effet de surélever le niveau des pleines mers, mais en même temps ils réduisent l'amplitude de la marée en amont. Cet effet est particulièrement remarquable entre Bath et Doel, où la largeur du fleuve varie brusquement. L'amplitude de la marée atteint sa plus grande hauteur dans ces parages; elle diminue peu à peu en amont, l'étiage des basses mers se relevant.

La hauteur des eaux dans le haut Escaut modifie la pro-

pagation de la marée en changeant la pente. A la cote 5^m,54, la marée cesse de se faire sentir à Gand. L'influence de la crue est moindre en aval, mais on l'observe encore à Anvers et même un peu au-dessous de ce port.

Les vents ont peu d'influence sur l'amplitude de la marée, mais ils agissent considérablement sur la hauteur du niveau moyen. Cette hauteur dépend, en chaque point, de la durée et de la force du vent, ainsi que de la section du lit. La plus grande surélévation est produite par les vents du N.-N.-O, le plus grand abaissement par ceux du S.-E. ou S.-S.-E. L'amplitude de la marée est quelque peu accrue par les vents de l'O. au N.-N.-O., et réduite par ceux de N.-N.-E. au S.-S.-O.

Les glaces troublent peu la propagation de la marée; leur principale action s'étend sur les bancs de sable qu'elles tendent à désagréger.

Dans ces dernières années, l'amplitude de la marée a augmenté de quelques centimètres et la pente du niveau moyen paraît être devenue un peu plus forte. Le premier de ces faits s'explique par la construction du barrage de l'Escaut oriental, le second serait l'indice d'un ensablement. Mais ce dernier n'est peut-être pas assez bien établi pour que l'on doive y attacher une grande importance; il y a quelques raisons de croire que le résultat indiqué tient, au moins en partie, à un déplacement dans le zéro de l'échelle de Flessingue en 1869.

Dans les six heures de flot, il passe :

A Flessingue. .	362.891.000	mètres cubes d'eau.
A Lillo.	74.923.000	—
A Anvers. . . .	54.934.000	—

De Flessingue à Anvers, le fleuve contient moyennement 7.824.000.000 de mètres cubes d'eau, soit 22 fois le volume qui entre à Flessingue pendant la mer montante.

A Anvers, les niveaux de la marée sont les suivants :

	mètres.
Plus basses mers connues.	— 0,74
Basses mers vives eaux ordinaires. . . .	— 0,04
— moyennes.	+ 0,15
Niveau moyen.	+ 2,27
Flottaison ancienne des bassins.	+ 3,16
— actuelle des bassins.	+ 3,66
Pleines mers moyennes (ingénieurs). . .	+ 4,20
— — (M. Stessels). . .	+ 4,39
— vives eaux ordinaires. . . .	+ 4,58
Plus hautes mers connues.	+ 6,77

La flottaison des bassins indique le niveau moyen auquel les eaux sont retenues dans les bassins à flot.

Les plus grandes hauteurs d'eau observées sont les suivantes :

	mètres.
4 février 1825.	6,528
24 février 1837.	6,348
10 mars 1842.	6,428
28 décembre 1849.	5,968
2 décembre 1867.	6,060
31 janvier 1877.	6,770

Navigation.

Quatre passes donnent accès dans l'Escaut occidental, ce sont : le canal Wielingen, le Spleet, le canal Deurloo et l'Oostgat. Le meilleur chenal et le plus fréquenté est le canal Wielengen ; il se trouve le long des côtes de Belgique.

Pour le prendre, les navires venant de la Manche ou de la Tamise doivent passer au Nord des bancs du Ruytingen et du Dyck oriental ou Clif d'Islande et au Sud des bancs Fairy et West-Hinder. La passe est signalée par les feux flottants de l'Out-Ruytingen et de West-Hinder et par la bouée du Dyck (rouge à tête noire). Les bateaux gouvernent ensuite à l'Est pour passer au Sud des deux bouées (noire, noire et rouge) et du feu flottant de Wie-

lingen, puis ils attaquent le chenal en tenant l'un par l'autre les deux feux de Nieuwe-Sluis, jusqu'à ce que le feu de Wielingen de rouge devienne blanc. A ce moment ils se dirigent sur Flessingue.

Les navires arrivant du Nord prennent généralement la passe de l'Oostgat; ils mettent les deux feux de Westkapelle l'un par l'autre, jusqu'à ce que le feu de Domburg de rouge devienne blanc; ils courent alors au Sud parallèlement à la côte jusqu'à ce que les feux de Kaapduinen soient l'un par l'autre; ils suivent cet alignement, puis ensuite celui du feu de Zoutelande par le grand phare de Westkapelle, et enfin ils remettent l'un par l'autre deux des feux de Westkapelle jusqu'à ce qu'ils se trouvent en rade de Flessingue.

L'Escaut est très-bien éclairé et balisé jusqu'à Anvers; en amont de Nieuwe-Sluis, sur la rive gauche, et de Westkapelle, sur la rive droite, on a construit, sur les bords mêmes du fleuve, 39 phares ou fanaux, savoir :

1 phare de 1er ordre. — Westkapelle,
2 phares de 3e ordre. — Canal Wielingen et Hanswest;
27 fanaux de 4e ordre,
et 9 fanaux avec appareils catoptriques.

Ces feux indiquent les alignements successifs que doivent suivre les navires. Un certain nombre d'entre eux ont des secteurs rouges et blancs, afin de signaler les bancs dangereux et de marquer les points où les alignements doivent être pris ou quittés.

La plupart des fanaux de 4e ordre et des feux catoptriques sont placés dans des cabanes établies sur les digues du fleuve ou sur un échafaud élevé dans la plaine. Leur portée est en général de 8 à 10 milles. Le fanal de Welsoorden, seul, a présenté quelques difficultés de construction; il est porté par des pieux à vis en fonte.

Le phare de Westkapelle est un feu fixe blanc placé au

haut d'une tour en pierre; sa portée est de 18 milles. Le phare du canal Wielingen est également fixe et blanc; il a une portée de 14 milles; il consiste en une tour en fer. Enfin, le feu de Hanswest, composé d'un échafaud, a une portée de 8 milles. Ce feu est fixe et blanc avec un secteur rouge.

Les trois feux flottants de Wielingen, de Nord et de West-Hinder sont des bateaux en fer de 234 tonneaux de jauge, de 28 mètres de longueur entre perpendiculaires, de $7^m,40$ de largeur au maître-couple et de $3^m,90$ de creux au-dessus de la quille. Le prix de chacun de ces bateaux, y compris l'appareil d'éclairage, est d'environ 175,000 francs. Pour éviter toute interruption de quelque durée dans l'éclairage, un bateau de rechange est toujours disposé à prendre la mer; il stationne dans le port d'Ostende.

Le balisage des chenaux en amont de Flessingue est fait au moyen de bouées noires ou blanches; en remontant l'Escaut, les premières doivent être laissées à bâbord, les autres à tribord. Il est indifférent de passer d'un côté ou de l'autre des bouées blanches à large ceinture rouge. Les épaves sont signalées au moyen de bouées à damier blanc et noir. En outre, des balises ont été placées en aval de Bath et aux abords du fort Frédéric.

CHAPITRE III.

DESCRIPTION DU PORT.

Le port d'Anvers, dans son état actuel (Pl. 2, *fig.* 1), se compose de quais sur l'Escaut, de quatre canaux débouchant dans le fleuve, de sept bassins à flot, d'un sas et de trois formes de radoub.

Quais de l'Escaut. — Canaux.

Les quais de l'Escaut sont construits en maçonnerie ; ils ont une longueur totale de 2.170 mètres, savoir :

	mètres.
Quai du Rhin.	650
Quais de la ville.	1.400
Quai Saint-Michel.	120

Ce dernier a été remis à la compagnie des chemins de fer du pays de Waës pour y établir un embarcadère. Les bateaux viennent en cet endroit chercher et amener les voyageurs qui doivent partir ou sont arrivés par la station située à la Tête-de-Flandre, sur l'autre rive du fleuve.

Les quais bordant la ville jusqu'à l'écluse d'entrée des vieux bassins, y compris une chaussée de 10 mètres, ont une largeur variant de 20 à 30 mètres. Le mouillage à basse mer y est très-faible, parfois nul ; aussi ces quais sont-ils, sur une longueur de près de 650 mètres, exclusivement affectés aux bateaux de l'intérieur.

Quelques appontements ont été établis en avant du quai Van-Dyck, ils servent à écarter les navires du quai ; l'embarquement et le débarquement des marchandises se font, alors, au moyen de ponts mobiles placés au droit des panneaux.

Vers le milieu des quais se trouve le Werf ou *tête de grue*. On appelle ainsi une saillie demi-ronde de 70 mètres environ de diamètre, autour de laquelle débarquent quelques bateaux de l'intérieur. Une grue fixe y est installée.

Deux autres grues sont placées sur les appontements du quai Van-Dyck. Il n'existe ni hangars ni voies ferrées sur cette partie des quais.

Le quai du Rhin, compris entre les écluses des vieux bassins et du Kattendyk, sert en partie à l'accostage des grands steamers qui ne peuvent entrer dans les bassins. Pour consolider le mur qui a marché, et augmenter le tirant d'eau à basse mer, on a construit en avant une esta-

cade et trois appontements. L'estacade, placée immédiatement au Nord de l'écluse des vieux bassins, a environ 470 mètres de long sur 7 à 10 mètres de large. Les appontements ont 7 mètres de saillie avec pareille largeur. Le quai, y compris la chaussée et l'estacade, a de 40 à 80 mètres de large.

Des voies ferrées et deux hangars ayant : l'un 60 et l'autre 120 mètres sur 32, ont été placés sur le terre-plein du quai dans la partie Nord affectée au stationnement des grands navires. Un autre magasin fermé, de 50 mètres de longueur sur 10 mètres de largeur, a été construit près l'écluse des vieux bassins. Ce dernier appartient à une compagnie particulière de navigation sur Hull, Londres et l'Italie.

La surface des terre-pleins de l'Escaut, utilisable pour le dépôt et la manutention des marchandises, peut être évaluée à 52.800 mètres, savoir :

	mètres.
Quai de la ville.	21.600
Quai du Rhin, partie Sud.	8.400
Quai du Rhin, partie Nord affectée aux transatlantiques.	22.800

Les canaux Saint-Jean, au Charbon, Saint-Pierre et des Brasseurs présentent ensemble un dévelopemont total de 1.030 mètres. Ils sont généralement entourés de quais très-étroits qui ne permettent pas d'y faire des dépôts de marchandises. En certains points, des maisons et des magasins sont bâtis sur la rive même.

Le débouché de ces canaux dans l'Escaut varie de 30 à 35 mètres. Le pertuis est franchi au moyen d'un pont dont partie est fixe et partie mobile. La partie mobile découvre un passage de 12 mètres, elle tourne sur une pile isolée ; sa largeur est de 7 mètres, dont une voie charretière de 5 mètres, et deux trottoirs ayant chacun 1 mètre. La manœuvre se fait au moyen d'une manivelle placée sur le tablier, et

d'un pignon engrenant avec un arc denté. Dans la rotation, l'about de la volée vient s'appuyer sur une palée en charpente battue dans le canal.

La culasse, jusqu'au droit du pivot, est surmontée d'un pavage, tandis que la volée est recouverte d'un platelage en bois formé de madriers placés transversalement.

Par mauvais temps, les bateaux sortent difficilement, même au moment du plein. A basse mer, ils échouent sur les vases, et les opérations de chargement et de déchargement en souffrent. Aussi, ces canaux rendent-ils peu de services et vont-ils être supprimés. Ils seront remplacés avec avantage par le bassin de batelage qui sera construit en même temps que les nouveaux quais de l'Escaut.

Bassins à flot.

Les sept bassins à flot ont ensemble une superficie de 40 hectares et demi. Quatre d'entre eux, les vieux bassins, les bassins du Kattendyk et de Jonction, sont entourés de murs de quai ; les berges des bassins au Bois et du Canal sont en talus perreyés à la partie supérieure, celles du bassin de la Campine ne sont pas revêtues. Des estacades en charpente ont été construites en quelques endroits dans les bassins du Canal et de la Campine.

La longueur totale des murs de quai et estacades servant aux opérations commerciales est de 4.000 mètres; celle des talus accostables par les navires de 2.500 mètres. La superficie des terre-pleins affectés au dépôt et à la manutention des marchandises, déduction faite des voies charretières, est de 257.900 mètres carrés. Ne sont pas compris dans ces surfaces les emplacements loués pour dépôts permanents aux abords des bassins.

L'écluse de la Campine débouche dans le bassin du Canal par une écluse à sas de 65 mètres de longueur, de 7 mètres de largeur, et de $2^{m},20$ de tirant d'eau.

Bassins, écluses. — Deux bassins seulement, le petit bassin et le Kattendyk, ont un accès direct dans l'Escaut ; le premier communique avec le fleuve par l'intermédiaire d'une écluse simple ; le second par un sas éclusé précédé d'un chenal de 75 mètres de longueur et de 35^{m},40 de largeur. Le sas à 110 mètres de longueur sur 70 mètres de largeur ; il est creusé à la cote — 3^{m},58.

Les principaux renseignements concernant les bassins à flot sont réunis dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION.	PETIT bassin.	GRAND bassin.	BASSIN de Jonction.	BASSIN du Kattendyk.	BASSIN au Bois.	BASSIN de la Campine.	BAS d Ca
Forme	rectangle	rectangle	rectangle	rectangle	rectangle	rectangle	recta
Longueur	145^{m}	402^{m}	85^{m}	678^{m}	532^{m}	377^{m}	61
Largeur	173	173	50	140	150	180	10
Superficie	2^{h},54	6^{h},95	0^{h},43	9^{h},49	7^{h},98	6^{h},79	6^{h},
Développement des murs de quais ou estacades	630^{m}	1.150^{m}	170^{m}	1.190^{m}	»	150^{m}	53
Développement des talus accostables	»	»	»	»	1.060^{m}	750	690
Surface des terre-pleins utilisables	10.800^{mq}	23.620^{mq}	3.700^{mq}	67.130^{mq}	28.070^{mq}	58.850^{mq}	63.65
Cote du fond du bassin	— 3^{m},53	— 3^{m},53	— 3^{m},53	— 3^{m},58	— 4^{m},78	— 4^{m},78	— 4^{m}
Tirant d'eau. Flottaison ancienne. + 3^{m},16.	6 ,69	6 ,69	6 ,69	6 ,74	7 ,94	7 ,94	7
Tirant d'eau. Flottaison actuelle. + 3^{m},66.	7 ,19	7 ,19	7 ,19	7 ,24	8 ,44	8 ,44	8

L'écluse d'entrée des vieux bassins est ouverte environ deux heures et demie avant l'heure de la pleine mer, elle est fermée au moment du plein. Les mouvements de la navigation se font pendant le flot ; à l'entrée, un remorqueur est nécessaire pour maintenir l'arrière des grands navires dans l'axe du pertuis ; à la sortie les bateaux s'engagent dans l'écluse, l'arrière le premier, le courant les fait alors éviter, et ils se trouvent en bonne position pour appareiller.

Les navires peuvent entrer dans le sas sans l'aide de remorqueur, vu la longueur du chenal d'accès.

La hauteur de l'eau dans le sas et dans le petit bassin

varie avec l'ascension de la marée. Le niveau de l'eau dans les autres bassins est maintenu aussi constant que possible; il n'est abaissé que dans les faibles mortes eaux et en partie à cause de l'alimentation du canal de la Campine qui se fait par les bassins.

Dans les circonstances normales, le tirant d'eau maximum est de 6^{m},10 (20 pieds) pour les navires entrant dans les vieux bassins, et de 6^{m},40 (21 pieds), pour ceux qui pénètrent dans les nouveaux docks.

Deux écluses intérieures font communiquer entre eux les deux vieux bassins et les bassins du Kattendyk et de Jonction. La communication des autres bassins se fait au moyen de quatre pertuis.

L'écluse d'entrée des vieux bassins, au moment de sa construction, a été élargie dans la partie supérieure afin de donner passage aux vaisseaux de ligne de l'époque.

Les principales dimensions des écluses sont les suivantes :

DÉSIGNATION.	ÉCLUSE du petit bassin.	ÉCLUSE du grand bassin.	ÉCLUSE du bassin de Jonction.	ÉCLUSE d'aval du sas.	ÉCLUSE d'amont du sas.
Forme du haut-radier.	concave	»	plan	plan	plan
Longueur.	57^{m},75	36^{m},00	50^{m},00	66^{m},00	44^{m},00
Largeur. au couronnement.	17 ,34	18 ,00	18 ,00	24 ,80	24 ,80
Largeur. à la naissance du seuil ou haut-radier.	14 ,40	»	17 ,06	23 ,74	23 ,74
Niveau du haut-radier.	— 2 ,69	— 2 ,69	— 3 ,23	— 3 ,23	— 3 ,23
Hauteur de l'eau sur le seuil ou haut-radier au niveau. de la flottaison ancienne. + 3^{m},16.	5 ,85	5 ,85	6 ,39	6 ,39	6 ,39
Hauteur de l'eau sur le seuil ou haut-radier au niveau. de la flottaison actuelle. + 3^{m},66.	6 ,35	6 ,35	6 ,89	6 ,89	6 ,89
Épaisseur du haut-radier.	1 ,55	»	1 ,35	2 ,60	1 ,35
Épaisseur du bas-radier.	1 ,20	»	1 ,00	2 ,25	1 ,00

Les écluses sont fondées sur pilotis et grillages, avec parafouilles en maçonnerie, généralement au nombre de trois. Des lignes jointives de pieux et palplanches sont battues en amont et en aval du radier, et parfois aussi sous le radier. De plus, il existe souvent de petits avant et arrière-radiers également défendus au moyen de lignes de pieux et de palplanches.

Ces ouvrages ne présentent, d'ailleurs, aucune disposition qui doive être signalée. Dans le mémorial des travaux hydrauliques de la marine (1863, 2e liv.), M. Chevallier a donné les dessins complets de l'écluse du sas.

Sur la plus grande partie de leur longueur, les pertuis réunissant les divers bassins, ont des berges en talus ; vers leur milieu, ils présentent un passage de 15 mètres de largeur compris entre deux bajoyers en maçonnerie. Seul le pertuis faisant communiquer le grand bassin et le bassin de Jonction a 18 mètres de largeur, il est muni de murs en maçonnerie sur toute sa longueur.

Portes. — Les écluses débouchant dans l'Escaut sont munies de portes de flot et de deux paires de portes d'èbe. Les autres écluses ne sont pourvues que d'un seul jeu de portes d'èbe et de flot.

Les portes de flot de l'écluse d'entrée des vieux bassins se composent de deux portes superposées. Les portes inférieures de $7^m,20$ de hauteur, sont arasées à la cote $4^m,36$; les autres ont 3 mètres de hauteur ; pendant la fermeture, elles portent de $0^m,25$ sur l'entretoise supérieure des portes basses. Le dessin de ces charpentes a été donné par M. Minard (Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux, Pl. 19).

Les autres portes se composent de poteaux-tourillons et busqués, d'entretoises horizontales réunies par des montants ou des moises verticales et d'un bordé. Le cadre est généralement en chêne, le reste de la charpente en sapin. Des étriers, des équerres et des boulons maintiennent les assemblages. La plupart sont munies d'écharpes et d'une ceinture placée à la partie supérieure.

Les entretoises sont à peu près équidistantes, elles sont, toutefois, un peu plus rapprochées vers le tiers de la hauteur.

Dans les nouvelles portes, elles se composent d'un entrait et d'un arc courbé artificiellement dans une étuve.

M. Chevallier a donné les dessins des portes du sas dans le mémorial des travaux hydrauliques. Depuis cette époque, les portes de flot de l'écluse d'aval ont été remplacées par d'autres en tôle dont la construction est analogue à celle des portes anglaises.

Les ouvertures et fermetures se font au moyen d'amarres et de chaînes qui s'enroulent sur des treuils ou des cabestans, ou par l'intermédiaire de tiges en fer fixées sur la tête des poteaux busqués ; ces tiges sont à crémaillère et engrènent sur l'écluse avec un pignon mené par un cabestan.

Ponts.— Les communications entre les rives des écluses ou des pertuis réunissant les bassins sont établies au moyen de ponts tournants en tôle.

Ces ponts se composent de deux poutres de rive réunies par un certain nombre de poutrelles supportant un tablier en charpente. Ils tournent sur un pivot, et portent sur des galets pendant leur mouvement de rotation. La manœuvre se fait généralement au moyen de manivelles commandant un pignon qui engrène avec un arc denté.

Le tablier a 7 mètres de largeur, dont 5 pour la chaussée et 2 pour les trottoirs. Au pont de l'écluse d'entrée des vieux bassins, les trottoirs sont extérieurs aux poutres de rive et placés en encorbellement. Des voies ferrées passent sur presque tous les ponts.

Quais. — Les vieux bassins, les bassins du Kattendyk et de Jonction, ainsi qu'il a déjà été dit, sont les seuls qui soient entourés de murs de quais. Les bassins au Bois, du Canal et de la Campine ont leurs berges en talus. Des estacades pour faciliter le chargement et le déchargement des marchandises ont été établies au Sud du bassin de la Campine et à l'Est du bassin du Canal.

Les *fig.* 1 et 2 de la Pl. 4 représentent les quais du

bassin du Kattendyk. Les murs sont renforcés par des contre-forts distants de 4 mètres d'axe en axe, ils sont fondés directement sur le sable ; une ligne jointive de pieux et palplanches battus au pied des murs, empêche les affouillements.

Les berges des bassins au Bois et du Canal sont protégées par des perrés au-dessus du niveau de la flottaison ancienne. Le revêtement (Pl. 4, *fig*. 5 et 6) consiste en un dallage maçonné de $0^m,20$ d'épaisseur, dont le pied est maintenu par une ligne jointive de palplanches battues à onglets. Ces palplanches, de $0^m,08$ d'épaisseur et de $2^m,50$ de longueur, sont consolidées au moyen de pieux de 4 mètres de longueur, de $0^m,22$ sur $0^m,22$ d'équarrissage, distants de $1^m,50$ d'axe en axe et coiffés par un chapeau de même section que les pieux.

L'appontement établi au quai Sud du bassin de la Campine a 5 mètres environ de largeur, il est isolé de la rive avec laquelle il communique au moyen de quatre passages transversaux ayant de 4 à 5 mètres de largeur. Le niveau de ces appontements est de $0^m,20$ à $0^m,25$ plus élevé que celui du terre-plein, afin que les voitures ne puissent y accéder.

Le quai Est du bassin du Canal est pourvu d'une estacade en charpente. Cette estacade (Pl. 4, *fig*. 7), de $10^m,50$ de largeur, se compose d'un plancher à claire-voie de $0^m,15$ d'épaisseur soutenu par des fermes distantes de 2 mètres et formées de six pieux reliés par des moises. Les pieux ont $0^m,30$ sur $0^m,30$ d'équarrissage, les liernes et les moises, $0^m,16$ sur $0^m,30$. Les assemblages de la charpente sont maintenus par des boulons et des étriers en fer.

On a établi sur l'estacade une voie ferrée de $2^m,35$ de largeur, destinée à des grues roulantes.

En général, les terre-pleins des quais comprennent d'abord un espace affecté au conditionnement de la marchandise, des voies ferrées, puis, en arrière, une chaussée et des

emplacements plus ou moins considérables pour le dépôt des marchandises. Ces lieux de dépôt, placés quelquefois en avant de la chaussée, sont loués par la Ville, au jour, au mois ou à l'année, à raison du nombre de mètres carrés occupés ; ils sont particulièrement étendus aux alentours du bassin au Bois.

Les principales dimensions des terre-pleins et chaussées des quais sont données par le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES QUAIS.	LARGEUR Terre-pleins.	Chaussées.	Trottoirs ou Terre-pleins.	Total.	OBSERVATIONS.
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	
Vieux bassins. Quais en général	10,50	10,00	1,50	22,00	Les quais Sud et Est du grand bassin sont en reconstruction ; ils seront élargis de 18 et 24 mèt.
— Quai Saint-Laurent	10,50	10,00	4,50	25,00	Sur une partie de la longueur seulement.
— Quai Napoléon	18,00	9,50 / 8,50	2,50 / 3,50	30,00	Id. Id.
— Traverse entre les deux bassins.	94,00	10,00	»	104,00	Une grande partie de la surface est occupée par la maison hanséatique et le magasin des bateaux de Liverpool.
Bassin de Jonction	26,50		3,50	30,00	Le terre-plein et la chaussée ne sont pas distincts.
Sas du Kattendyk. Quai Sud	30,00	7,00	5,00	42,00	Une voie ferrée est placée sur le trottoir.
Bassin du Kattendyk. Quai Ouest	57,00	9,00	4,00	70,00	Une chaussée de 12 mètres de largeur existe au milieu du terre-plein.
— Quai Est	85,00	11,00	4,00	100,00	
Bassin au Bois. Quai Nord	22,00	8,00	»	30,00	Bande de terrain de grande largeur en arrière de la chaussée.
— Quai Sud	22,00	8,00	»	30,00	Id. Id.
Bassin de la Campine. Quai Ouest	50,00	11,00	49,00 (1)	110,00	(1) Bande de terrain de 49 mètres de largeur en arrière de la chaussée.
Bassins de la Campine et du Canal. Quais Sud.	»	»	»	30,00	Le terre-plein et la chaussée ne sont pas distincts.
— Traverse	31,00	8,00	57,00 (2)	96,00	(2) Terre-plein du côté du bassin du Canal.
Bassin du Canal. Quai Est	40,00	10,00	15,00 (3)	65,00	(3) Bande de terrain de 15 mètres de largeur en arrière de la chaussée.

Les chaussées sont pavées. Les terre-pleins du bassin du Kattendyk sont empierrés ; ceux du bassin du Canal et de la Campine, sauf au quai Sud, sont à l'état de nature, en sable. Les emplacements pour dépôt de marchandises sont également en sable.

Les divers quais ont reçu des destinations spéciales : le petit bassin, le bassin de Jonction et le quai Nord du grand bassin sont réservés aux navires de lignes régulières. Les quais Sud et Est du grand bassin sont affectés aux importations de natures diverses ; le quai Ouest reçoit les cafés, riz et autres marchandises arrivant en sacs ; les navires s'y placent bout à quai.

Les bateaux de New-York accostent provisoirement au quai Sud du sas. Le bassin du Kattendyk est tout entier occupé pour l'exportation et le débarquement du guano. Le bassin au Bois, comme son nom l'indique, ne renferme que les navires chargés de bois.

Dans le bassin de la Campine, le quai Est est affecté au déchargement des pétroles raffinés ; le quai Sud, à la navigation avec les Antilles ; le quai Ouest sert de lieu de stationnement aux alléges employés comme magasins flottants. Une grande partie des céréales, graines et grains reçus à Anvers, sont en effet directement transbordés des navires importateurs dans des chalands qui servent de magasins et qui restent à demeure dans le port.

Le quai Ouest du bassin du Canal reçoit les voiliers apportant des minerais ou des céréales qui doivent être immédiatement chargés sur wagons. Le quai Est de ce bassin est utilisé, dans la partie Sud, pour le débarquement des minerais, et dans la partie Nord, pour l'embarquement des charbons.

Formes de radoub. — Trois formes de radoub sont placées à côté les unes des autres au quai Ouest du bassin du Kattendyk. Le tableau suivant donne leurs dimensions principales.

DÉSIGNATION DES QUAIS.	LARGEUR				OBSERVATIONS.
	Terre-pleins.	Chaussées.	Trottoirs ou Terre-pleins.	Total.	
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	
Vieux bassins. Quais en général.	10,50	10,00	1,50	22,00	Les quais Sud et Est du grand bassin sont en reconstruction ; ils seront élargis de 18 et 24 mèt.
— Quai Saint-Laurent.	10,50	10,00	4,50	25,00	Sur une partie de la longueur seulement.
— Quai Napoléon.	18,00	9,50 8,50	2,50 3,50	30,00	Id. Id.
— Traverse entre les deux bassins.	94,00	10,00	»	104,00	Une grande partie de la surface est occupée par la maison hanséatique et le magasin des bateaux de Liverpool.
Bassin de Jonction.	26,50		3,50	30,00	Le terre-plein et la chaussée ne sont pas distincts.
Sas du Kattendyk. Quai Sud.	30,00	7,00	5,00	42,00	Une voie ferrée est placée sur le trottoir.
Bassin du Kattendyk. Quai Ouest.	57,00	9,00	4,00	70,00	Une chaussée de 12 mètres de largeur existe au milieu du terre-plein.
— Quai Est.	85,00	11,00	4,00	100,00	
Bassin au Bois. Quai Nord. . . . . ,	22,00	8,00	»	30,00	Bande de terrain de grande largeur en arrière de la chaussée.
— Quai Sud.	22,00	8,00	»	30,00	Id. Id.
Bassin de la Campine. Quai Ouest.	30,00	11,00	49,00 (1)	110,00	(1) Bande de terrain de 49 mètres de largeur en arrière de la chaussée.
Bassins de la Campine et du Canal. Quais Sud.	»	»	»	30,00	Le terre-plein et la chaussée ne sont pas distincts.
— Traverse.	31,00	8,00	57,00 (2)	96,00	(2) Terre-plein du côté du bassin du Canal.
Bassin du Canal. Quai Est.	40,00	10,00	15,00 (3)	65,00	(3) Bande de terrain de 15 mètres de largeur en arrière de la chaussée.

Les chaussées sont pavées. Les terre-pleins du bassin du Kattendyk sont empierrés; ceux du bassin du Canal et de la Campine, sauf au quai Sud, sont à l'état de nature, en sable. Les emplacements pour dépôt de marchandises sont également en sable.

Les divers quais ont reçu des destinations spéciales: le petit bassin, le bassin de Jonction et le quai Nord du grand bassin sont réservés aux navires de lignes régulières. Les quais Sud et Est du grand bassin sont affectés aux importations de natures diverses; le quai Ouest reçoit les cafés, riz et autres marchandises arrivant en sacs; les navires s'y placent bout à quai.

Les bateaux de New-York accostent provisoirement au quai Sud du sas. Le bassin du Kattendyk est tout entier occupé pour l'exportation et le débarquement du guano. Le bassin au Bois, comme son nom l'indique, ne renferme que les navires chargés de bois.

Dans le bassin de la Campine, le quai Est est affecté au déchargement des pétroles raffinés; le quai Sud, à la navigation avec les Antilles; le quai Ouest sert de lieu de stationnement aux alléges employés comme magasins flottants. Une grande partie des céréales, graines et grains reçus à Anvers, sont en effet directement transbordés des navires importateurs dans des chalands qui servent de magasins et qui restent à demeure dans le port.

Le quai Ouest du bassin du Canal reçoit les voiliers apportant des minerais ou des céréales qui doivent être immédiatement chargés sur wagons. Le quai Est de ce bassin est utilisé, dans la partie Sud, pour le débarquement des minerais, et dans la partie Nord, pour l'embarquement des charbons.

Formes de radoub. — Trois formes de radoub sont placées à côté les unes des autres au quai Ouest du bassin du Kattendyk. Le tableau suivant donne leurs dimensions principales.

DÉSIGNATION.	GRANDE forme.	MOYENNE forme.	PETITE forme.
	mètres.	mètres.	mètres.
Longueur sur tins.	110,00	65,00	44,00
Écluse.			
Largeur... au couronnement.	24,80	12,00	10,00
Largeur... à la naissance du radier.	23,74	12,00	10,00
Niveau du haut-radier.	— 3.23	— 0,48	+ 0,90
Niveau du bas-radier.	— 3,58	— 0,83	+ 0,55
Hauteur de l'eau sur le haut-radier au niveau de la... flottaison ancienne. +3m,16	6,39	3,64	2,26
Hauteur de l'eau sur le haut-radier au niveau de la... flottaison actuelle. +3m,66	6,89	4,14	2,76
Épaisseur.. du haut-radier.	1,95	1,63	1,35
Épaisseur.. du bas-radier.	1,60	1,28	1,00
Forme.			
Largeur... au couronnement.	27,40	15,00	13,00
Largeur... à la naissance du radier.	20,60	9.30	8,40
Niveau du radier.	— 4.13	— 0,98	+ 0,53
Épaisseur du radier.	2,40	1,03	0 88
Banquettes. Nombre.	6	6	5
Banquettes. Largeur.	0m,30 et 0m,50	0m,30 et 0m,50	0m,30 et 0m,50
Escalier.. Nombre.	5	2	2
Escalier.. Largeur.	1m,40	1m,00	1m,00
Glissières.. Nombre.	5	2	2
Glissières.. Largeur.	0m,80	0m,70	0m,70

Les deux petites formes et l'écluse de la grande sont fondées sur pilotis et grillage; des parafouilles en béton et des lignes jointives de pieux et palplanches préviennent les filtrations sous les écluses. La grande forme est fondée directement sur le terrain naturel. Les tins sont en charpente; ils ont 0m,90 de hauteur et sont arasés au niveau du haut-radier de l'écluse.

Les formes sont fermées au moyen de portes busquées en bois. Les *fig.* 2 à 4 de la Pl. 2 représentent les portes actuellement en construction pour la grande cale.

Chaque vantail a 13m,858 de longueur et 7m,85 de hauteur; il se compose d'un poteau busqué de 0m,50 sur 0m,55 d'équarrissage, d'un poteau-tourillon de 0m,55 sur 0m,60, de huit entretoises, dont six doubles, et d'un bordé vertical de 0m,07 d'épaisseur. Les entretoises simples ont 0m,40 de hauteur, les doubles 0m,815, sauf celle du bas, qui a 0m,915;

toutes se composent d'un entrait et d'une courbe ; leur plus grande largeur est de $0^m,90$ pour l'entretoise inférieure et de $0^m,83$ pour les autres. Les entretoises doubles sont renforcées au moyen d'un fer à double T de même largeur qu'elles, et dont les branches ont $0^m,30$ de hauteur.

Le système est consolidé par quatre cours de moises verticales de $0^m,25$ sur $0^m,40$ d'équarrissage. Une ceinture en fer méplat, de $0^m,03$ sur $0^m,12$, embrasse l'entretoise supérieure.

Les poteaux busqué et tourillon, l'entretoise inférieure et les moises sont en chêne ; le reste de la charpente est en sapin.

A basse mer, toute l'eau de la petite forme et une partie de celle contenue dans les deux grandes peuvent être évacuées dans l'Escaut. Il ne reste plus alors à enlever, au moyen de pompes, qu'une tranche d'eau de $3^m,70$ de hauteur dans la grande forme, et de $0^m,70$ dans la moyenne.

La machine d'épuisement commune aux trois cales se compose de deux machines horizontales d'une force totale de 200 chevaux, agissant sur le même arbre, et actionnant huit corps de pompe. Les pistons sont mis en mouvement deux à deux par des balanciers triangulaires analogues aux renvois de sonnettes. La grande forme peut être vidée en 55 minutes, mais, dans la pratique, l'opération est ralentie, afin de permettre l'accorage du navire.

M. Chevallier a donné, dans le *Mémorial des travaux hydrauliques*, les dessins de la grande forme.

Le chauffage et le goudronnage des navires ne peuvent être faits qu'au quai du marché aux grains de Zélande, situé au Sud de l'écluse d'entrée des vieux bassins. Les bateaux de l'intérieur subissent les mêmes opérations au quai Jordaens.

Dragages — Le cube à draguer annuellement dans les bassins est d'environ 24.000 mètres. Les déblais sont transportés et déchargés à 2 lieues en aval du port, par un por-

teur à hélice d'une contenance de 200 mètres cubes. La durée du voyage est de 2 heures. La drague met de 5 à 6 heures pour remplir le porteur; sa production est alors d'environ 40 mètres cubes à l'heure.

L'État, à qui incombe l'entretien des chenaux d'accès aux écluses débouchant dans l'Escaut, fait également des dragages qui, année moyenne, atteignent 25.000 mètres cubes.

Hangars, magasins, grues. — La ville d'Anvers a fait établir, en divers endroits sur les quais, des hangars et des grues. De plus, elle a autorisé quelques services de navigation et des négociants à construire des magasins clos pour y déposer des marchandises.

Le tableau suivant fait connaître les dimensions et la superficie des hangars et magasins ainsi édifiés dans un but d'intérêt général ou particulier.

DÉSIGNATION DES QUAIS.	LONGUEUR	LARGEUR.	SUPERFICIE	OBSERVATIONS.
Hangars publics.				
	mèt.	mèt.	mèt. c.	
Quai du Rhin.	120	31	3.720	Appartient à l'État.
Id	60	31	1.860	Id.
Petit bassin.—Quai St-Laurent.	115	34	3.910	
Sas. — Quai Nord.	90	10	900	
Id. — Quai Sud.	100	20	2.000	
Bassin au Bois.— Quai Nord. .	128,65	18,50	7.930	
Id. Quai Sud. .	387,85	22,50	8.727	
Total.			29.047	
Magasins privés.				
Quai du Rhin.	50	10	500	Ligne de Hull, Londres et l'Italie.
Entre l'Escaut et le petit bassin.	50	30	1.500	Brazil and la Plata Mail Steam Company.
Traverses entre les vieux bassins.	35	20	700	Ligne de Liverpool.
Bassin du Kattendyk.—Quai Est.	58	30	1.740	Magasin de guano.
Id. Id.	120	60	7.200	Id.
Bassin du Canal. — Quai Est. .	85	7	595	Dépôt de minerais.
Total.			12.235	

A proximité des quais, les marchandises peuvent être déposées dans les entrepôts Royal et Saint-Félix, dans la

maison Hanséatique, ainsi que dans un certain nombre de magasins particuliers.

Les pétroles sont emmagasinés dans deux bâtiments situés au Sud du sas. Ces magasins ont 30 et 40 mètres de longueur sur 47 mètres de largeur; ils se trouvent au milieu d'un îlot de terrains dont le niveau est inférieur à celui des bassins. Deux magasins, placés à l'Ouest des formes, dans un endroit isolé, servent actuellement à des dépôts de guano; ils ont, l'un 40 mètres sur 45, et l'autre 20 mètres sur 50.

Trois grues fixes d'une grande puissance ont été installées, l'une au quai Ouest du petit bassin, près de l'écluse d'entrée, les deux autres au quai Est du bassin du Kattendyk. Six grues à vapeur, de la force de 1.800 kilogrammes, sont placées sur les estacades du quai Est du bassin du Canal; trois servent au débarquement des minerais et les trois autres à l'embarquement des charbons; toutes sont mobiles et peuvent se déplacer parallèlement à l'arête du quai en roulant sur une voie ferrée (Pl. 4, fig. 7.)

Chemins de fer. — Jusqu'à ces dernières années, Anvers ne possédait que la gare de Borgerhout complétée par quelques installations au Sud du grand bassin, au lieu dit Canal de l'Ancre et des Vieux-Lions. En 1869-1870, on a établi les voies du quai du Rhin. Cet ensemble, qui occupait une surface de 9 hectares environ, et présentait un développement de 27 kilomètres de voies, était devenu tout à fait insuffisant par suite de l'accroissement du trafic.

La gare de Borgerhout, qui, depuis le déplacement des fortifications, se trouve au milieu de la ville, a été spécialement réservée au service des voyageurs, et deux grandes gares pour les marchandises ont été créées au Nord de la ville, à proximité des bassins.

Ces gares se relient avec la station de Borgerhout et le réseau des voies ferrées de la Belgique par un embranche-

ment d'environ 3 kilomètres et demi de longueur qui contourne la ville en longeant la nouvelle enceinte.

La première de ces gares, celle de Stuyvenberg (Pl. 3), sert tout à la fois de gare de triage et pour le trafic local de la ville d'Anvers; elle est séparée de la seconde par la grande route de Hollande. Le passage à niveau, qui existait en cet endroit, a été remplacé, en 1876, par un pont supérieur. La gare principale, ou gare maritime des bassins, placée à la suite de la précédente, expédie et reçoit tous les wagons pleins ou vides qui sont dirigés sur les bassins et les entrepôts, ou qui en reviennent; elle effectue, de plus, le chargement sur wagon des marchandises débarquées sur les quais non pourvus de rails, ou provenant de magasins particuliers; ces marchandises sont amenées par voitures.

Le chargement s'opère, en partie, sous une halle de 200 mètres de longueur et de 70 mètres de largeur, contenant deux voies charretières, et quatre quais d'embarquement au delà desquels se trouvent les voies ferrées. Les voies charretières ont 10 mètres de largeur et les quais 7 mètres. Sous cette halle, sont disposés 28 grues, alternativement de la force de 1.000 et 1.500 kilogrammes, 12 cabestans et 12 poulies de renvoi; on peut y charger par jour 180 wagons.

Dans la gare découverte sont encore installés 12 cabestans, 26 poulies de renvoi et 14 grues, dont 9 de la force de 1.000 à 2.000 kilogrammes, 4 de 5.000 kilogrammes et 1 de 10.000 kilogrammes.

Tous ces engins, mus par la force hydraulique, ont été installés par la maison Armstrong. La machine à vapeur, de la force de 75 chevaux, se compose de deux machines accouplées pouvant travailler ensemble ou séparément. Les pompes compriment à la pression de 50 atmosphères environ 700 litres d'eau par minute. Pour éviter l'action de la gelée, les tuyaux de conduite sont enfoncés en terre de

1m,50, et l'on a disposé dans les puits, au-dessous des cylindres, des becs où brûle un mélange d'oxygène et de gaz d'éclairage. La dépense pour la fourniture et l'installation des appareils hydrauliques s'est élevée à un million.

Les grues placées sur les quais prennent les marchandises dans les camions et les chargent dans les wagons; l'opération se fait rapidement et commodément pour les wagons découverts, mais elle est plus longue et moins facile avec les wagons couverts.

Les cabestans servent au halage des wagons et à la manœuvre des plaques tournantes; ils se composent d'un tambour vertical et presque cylindrique auquel la rotation est donnée par une petite machine à deux cylindres. L'introduction de l'eau se fait au moyen d'un renvoi mis en mouvement par une pédale. Pour déplacer les wagons, on les saisit à l'avant et à l'arrière au moyen d'une corde; pour tourner une plaque, on tire sur la corde fixée à l'une des roues du wagon placé sur cette plaque.

De la gare principale partent les voies ferrées qui desservent les bassins. Deux petites gares annexes ont été établies, l'une au quai du Rhin, l'autre au Nord du bassin au Bois, au milieu des emplacements affectés au dépôt des bois du Nord.

Les voies ferrées sont presque toutes établies à 15 ou 20 mètres en arrière de l'arête des quais ou talus et au delà du terre-plein affecté au conditionnement de la marchandise; elles sont généralement au nombre de deux et reliées entre elles par des aiguilles et des plaques tournantes. Un second réseau de voies ferrées se trouve parfois au delà du terre-plein affecté au dépôt des marchandises.

Sur la partie Sud du quai Est du bassin du Canal, il existe un faisceau de six voies destinées à la manœuvre et au chargement des wagons venant prendre les minerais.

Les quais du bassin de Jonction et les quais Sud des anciens bassins ne sont pas munis de rails. Les communica-

tions entre la gare maritime et les quais se font directement sans rebroussement ni plaques tournantes, sauf pour le quai du Rhin.

Les gares réunies atteignent une superficie de plus de 31 hectares et demi et présentent un développement de voies de 65 kilomètres; la longueur des voies ferrées installées sur les quais n'est pas comprise dans ce chiffre.

Travaux en cours d'exécution.

La ville d'Anvers donne à forfait les travaux qu'elle fait exécuter pour l'amélioration du port. Un devis et cahier des charges, préparé par l'ingénieur, sert de base à l'adjudication; il contient la description des ouvrages à entreprendre et les conditions relatives à la qualité et à la provenance des matériaux. Un délai est fixé pour l'achèvement des travaux, avec clause pénale en cas de retard.

Les dispositions des ouvrages sont complétement arrêtées par l'ingénieur de la Ville, et l'adjudication porte uniquement sur le prix; exceptionnellement, pour l'élargissement des quais du grand bassin, le cahier des charges s'est borné à indiquer le but à atteindre. Les soumissionnaires ont alors présenté le projet qui leur paraissait le mieux satisfaire au programme arrêté par la Ville. Leurs propositions ont été examinées et discutées à tous les points de vue, et celle qui a paru la plus avantageuse a été acceptée, bien qu'elle ne fût pas la moins élevée comme dépense.

En dehors des clauses habituelles relatives aux lieux de provenance, qualité et mode d'emploi des matériaux, le devis stipulait que les quais devaient être reconstruits sans que les eaux du bassin fussent abaissées au-dessous du niveau ordinaire, et sans qu'il pût être établi de batardeau dans le bassin. Les entrepreneurs appelés à soumissionner avaient la faculté de présenter tel projet qu'ils jugeraient convenable.

Sept concurrents ont adressé huit projets différents. Les uns proposaient un mur contigu, d'autres des piles réunies par des voûtes, la partie sous l'eau étant exécutée en blocs ou à l'intérieur de caissons avec ou sans fond, à l'air libre ou à l'air comprimé. Quelques autres, enfin, préconisaient des estacades en fer de divers systèmes avec pieux à vis. Les prix et les délais d'exécution étaient très-différents.

Après un examen approfondi, le Conseil communal, conformément à l'avis de l'ingénieur de la Ville, a accepté les propositions de MM. Dollot, Déchaux et Robert.

Élargissement des quais du grand bassin. — Le quai Godefroy est élargi de 18 mètres et le quai de l'Entrepôt de 24; leur largeur est ainsi portée à 40 et 43 mètres.

Les nouveaux murs (Pl. 4, *fig.* 8 à 12) sont fondés sous l'eau au moyen de caissons en tôle sans fond. Les caissons, de 7 mètres de longueur sur $4^m,50$ de largeur, ont une hauteur suffisante pour dépasser de $0^m,25$ le niveau de l'eau dans le bassin. Ils sont formés de deux parties réunies par un joint étanche, susceptible d'être démonté à l'aide d'un scaphandre.

La partie inférieure, de $2^m,40$ de hauteur, est en tôle de $0^m,006$ d'épaisseur, la partie supérieure se compose de tôles de $0^m,009$ à $0^m,005$, raidies par des fers à T horizontaux et verticaux. Ces derniers sont distants les uns des autres de 1 mètre environ. Le joint étanche est obtenu par l'interposition, entre deux cornières, d'une feuille de caoutchouc serrée avec des boulons en fer et des écrous en bronze, afin de prévenir l'oxydation. Les têtes des boulons sont carrées; les écrous sont munis d'un appendice qui fait saillie contre le bord de la cornière (Pl. 4, *fig.* 13); ils ne peuvent alors tourner en même temps que les boulons, sur la tête desquels on agit au moyen d'une clef. Pour éviter que, dans le démontage, les écrous ne se perdent, ils sont tous réunis les uns aux autres par un fil de fer.

Les caissons sont construits sur une estacade, puis con-

duits en place entre deux chalands surmontés d'un échafaudage qui les maintient. Ils sont descendus sur le fond du bassin et disposés à 1 mètre de distance les uns des autres. Le fond du bassin, qui est formé d'un sable bouillant un peu coquillier, a été préalablement dragué de $0^m,40$ et creusé à la cote $-3^m,93$.

Aussitôt après son échouage, la partie inférieure de chaque caisson est remplie de béton coulé sous l'eau au moyen de caisses s'ouvrant par le fond et de la contenance d'un demi-mètre cube.

Le béton étant suffisamment pris, on épuise à l'intérieur du caisson, après avoir eu soin de l'étayer et de le charger pour éviter qu'il ne soit déformé ou soulevé par la pression de l'eau extérieure. Six étages, comprenant chacun 8 étais, dont 3 dans le sens de la longueur et 5 dans le sens de la largeur, sont successivement mis en place. Ces étais sont en bois; leur section est carrée, elle varie de $0^m,16$ à $0^m,10$ de côté. A chacune de leurs extrémités, ces étais portent une armature en fonte munie d'une gorge qui sert à les faire descendre le long des fers à T disposés à l'intérieur du caisson. Pour les raidir, il suffit de frapper sur la tête d'un coin saisi entre l'une des extrémités de l'étai et l'armature en fonte (Pl. 4, *fig.* 14 et 15).

La surcharge placée sur le béton consiste en 80 lingots de fonte pesant chacun 1.000 kilog.; elle est mise dans la partie centrale du caisson au moyen d'une grue à vapeur, la même qui sert à couler le béton. Ces lingots passent entre les étais disposés longitudinalement et transversalement; ils sont guidés dans leur descente par des cornières verticales placées aux angles des rectangles formés par les étais.

Le mur en briques est alors implanté sur les côtés du caisson jusqu'à ce que le poids de la maçonnerie atteigne environ 80 tonnes; à ce moment, on enlève les lingots de fonte et l'on continue la maçonnerie jusqu'au niveau du bord supérieur du caisson.

A mesure que la maçonnerie s'élève, on démonte successivement les grands étais que l'on remplace par d'autres plus petits s'appuyant, à l'une des extrémités, contre les parois du caisson, et à l'autre contre la maçonnerie déjà faite. Ces petits étais sont placés de manière à conserver une légère flexion des tôles vers l'intérieur sous l'action de la pression extérieure. L'introduction de l'eau dans le caisson suffit alors pour redresser les tôles et faire flotter les étais.

On procède ensuite au démontage du joint d'assemblage des deux parties du caisson. La partie supérieure est enlevée au moyen des deux chalands et de l'échafaudage qui ont servi à la pose; elle est employée à nouveau à la construction d'un autre caisson.

Toutes les manœuvres pour la mise en place et l'enlèvement des caissons et du lest, et pour la pose des étais, se font au-dessus du niveau de l'eau, dans des chalands ou sur des échafaudages; il suffit d'avoir sous l'eau un scaphandre pour guider la pose des étais et placer sur les boulons de jonction des deux parties du caisson la clef qui sert à les enlever.

Pour réunir les tronçons de murs ainsi construits, on place, en avant et en arrière de l'intervalle resté libre, des panneaux en charpente formés de madriers de $0^m,10$ d'épaisseur et, dans cet espace ainsi limité, on coule du béton sous l'eau.

Pour assurer la liaison du béton avec la maçonnerie de briques, on laisse à chaque extrémité de la maçonnerie deux rainures de $0^m,25$ de profondeur sur $0^m,30$ de largeur. A la partie supérieure, on construit un mur continu en briques avec parement en pierres de taille; au-dessus du béton coulé dans l'intervalle des divers tronçons, ce mur est supporté par une petite voûte surbaissée.

Le mur a $10^m,53$ de hauteur totale, y compris la fondation et le couronnement; sa largeur est de $4^m,50$ à la base

et de 2^{m},73 à la partie supérieure. Le parement vu a un fruit de 1/10e.

Chaque caisson pèse 25.000 kilogrammes, dont 4.000 environ pour la partie inférieure qui est laissée en place. Il a suffi d'avoir cinq caissons complets pour imprimer aux travaux la rapidité nécessaire.

Le béton est formé de volumes égaux de mortier, de pierrailles et de briques cassées. Le mortier est composé en volume : de 3 parties de chaux de Tournay, de 2 parties de trass d'Andernach et de 1 partie de sable; il est confectionné dans de petites auges circulaires en fonte dans lesquelles se meuvent des roues broyeuses mises en mouvement par une machine à vapeur.

Les remblais en arrière des murs sont faits en sable versé dans l'eau; afin de diminuer la poussée, on met des terres arables immédiatement contre la maçonnerie.

Les remblais et les pavages s'effectuent à mesure de l'avancement des murs, de telle sorte qu'il n'y ait jamais au maximum que 150 mètres de longueur de mur de quai en cours d'exécution. Les parties de quai sont mises à la disposition du commerce aussitôt leur achèvement; à chaque livraison d'une partie terminée correspond l'attaque d'une longueur égale des anciens quais. La *fig.* 29 de la Pl. 4 indique quel sera le profil du terre-plein du nouveau quai de l'Entrepôt.

La longueur totale des quais à reconstruire est de 531 mètres. Le montant du forfait est de 1.686.166 francs, ce qui donne, pour le prix de revient par mètre courant, environ 3.200 francs, dont 2.600 francs pour la construction du mur seul.

Les travaux doivent être terminés le 30 avril 1878, dans un délai de deux ans et demi. Pour chaque semaine de retard, il est stipulé une amende de 1.000 francs.

Appareils hydrauliques. — Le Conseil communal a décidé que les grues, les portes d'écluses, les cabestans et les

ponts seraient mus par la force hydraulique. Les travaux ont été divisés en deux parties : la première, qui est en cours d'exécution, comprend l'installation des machines centrales, le tuyautage et l'application du système aux ponts, portes d'écluses et cabestans ; la seconde, qui sera entreprise au fur et à mesure des besoins, consiste à pourvoir les divers quais de grues hydrauliques.

Les travaux à exécuter de suite sont estimés à 785.000 fr., dont 183.900 francs pour terrassements et maçonneries. La fourniture et l'installation des appareils hydrauliques ont été confiées à la maison Armstrong. La machine à vapeur servant à la compression de l'eau sera de la force de 150 chevaux.

Le bâtiment des machines est élevé au coin de la rue des Indes et du quai Est du Kattendyk ; il est rectangulaire et a 38 mètres sur 27 ; il est disposé pour contenir 3 machines, 8 chaudières et 2 accumulateurs, ce qui paraît suffisant pour toute l'extension probable des établissements maritimes pendant un très-grand nombre d'années. Mais, quant à présent, on n'installe qu'une machine, 4 chaudières et 1 accumulateur.

Bigue de 120 tonnes. — La grue la plus puissante, actuellement en service, ne peut soulever que 40 tonnes. A diverses reprises, on a reconnu son insuffisance ; pour y remédier, on vient de décider la construction d'une bigue de 120 tonnes. Cet engin, du système Clark, mû par la force hydraulique, sera placé au quai Est du bassin du Kattendyk, à l'emplacement de l'ancienne écluse du canal de la Campine. La société Cockerill est chargée de sa construction moyennant la somme de 97.600 francs, non compris les dépenses pour les fondations qui seront d'ailleurs peu élevées.

Chemins de fer. — La nouvelle gare, placée au Sud de la ville, est commencée ; elle aura une surface de 20 hectares et sera en communication directe avec tout le réseau des

voies ferrées belges. Elle est destinée à desservir les nouveaux quais de l'Escaut et le bassin de batelage lorsqu'ils auront été exécutés.

Travaux projetés.

Prolongement du bassin du Kattendyk et construction de trois formes de radoub. — Le bassin sera prolongé de 350 mètres au Nord à partir de l'axe de la petite forme de radoub. Cette extension augmentera la surface d'eau d'environ 4 hectares, et la longueur des quais accostables par les navires, d'environ 750 mètres. Au Nord, il ne sera pas construit de quai, les berges resteront en talus afin de permettre un nouvel allongement du Kattendyk, s'il y a lieu, ou l'établissement d'un passage donnant accès aux bassins projetés au Nord. Le plafond sera creusé à la cote — $3^m,58$.

Les murs de quai seront semblables à ceux de la partie Sud du bassin (Pl. 4, *fig.* 1 et 2); ils auront 8 mètres de hauteur.

Trois formes de radoub (Pl. 4, *fig.* 16 à 19) seront établies au Nord de celles qui existent actuellement. Elles auront 15 mètres de largeur à l'entrée, 123 mètres de longueur sur tins, et seront distantes les unes des autres de 20 mètres.

Le tirant d'eau sur le haut-radier sera :

	mètres.
Au niveau de la flottaison ancienne, de. . .	4,74
— — actuelle, de. . . .	5,24
— de la haute mer ordinaire.	5,78

Ces hauteurs ont paru suffisantes, les bâtiments léges devant seuls être admis dans ces nouvelles formes. La visite des grands navires continuera à se faire dans la plus grande des anciennes cales où l'on trouve, sur le busc de l'écluse, une hauteur d'eau de $7^m,43$ à la haute mer moyenne.

Les écluses seront fondées sur pilotis et grillages; les filtrations seront arrêtées par trois parafouilles en maçonnerie de 1m,20 de largeur et de 1 mètre de profondeur, compris chacun entre deux lignes jointives de palplanches. Les formes seront fondées directement sur le sol naturel, sable fin compact, à l'intérieur d'une enceinte de palplanches jointives de 0m,10 d'épaisseur. Ces palplanches seront consolidées par des pieux de 0m,25 sur 0m,25 d'équarissage, distants de 1m,50 d'axe en axe et coiffés d'un chapeau de mêmes dimensions.

Les bajoyers des écluses seront verticaux, le haut-radier sera à la cote — 1m,58, et le bas-radier à la cote — 1m,98. L'épaisseur du premier sera de 2m,10, celle du second de 1m,70.

Chacune des formes aura 23m,40 de largeur au couronnement et 12m,60 à la naissance du radier. Celui-ci sera convexe, il atteindra sa plus grande épaisseur, 1m,67, dans l'axe de la forme. Les bajoyers auront 1m,50 de largeur au couronnement et 6m,90 au niveau du radier : ils présenteront à l'intérieur de la cale 9 gradins de 0m,60 de largeur, dont 3 de 1m,10 et 6 de 0m,55 de hauteur. Afin de diminuer le cube des maçonneries, les bajoyers seront percés dans le sens de leur longueur par 3 grandes voûtes de 1m,00, 1m,20 et 2 mètres d'ouverture. Il existera 5 escaliers doubles de 0m,80 de largeur, avec une glissière de même largeur au milieu. Les eaux seront recueillies dans deux rigoles placées au pied des bajoyers.

Le couronnement de l'écluse sera établi à la cote 6m,12, soit à 1m,92 au-dessus des hautes mers ordinaires, celui de la forme ne sera qu'à 0m,27 au-dessus de ce niveau, soit à 1m,65 en contre-bas du couronnement du mur du quai du bassin. Il en sera de même des terre-pleins compris entre les cales. Cette disposition a été établie pour dégager davantage la coque des navires et leur donner plus d'air et de jour.

Les tins (Pl. 4 *fig.* 20 à 25) seront espacés de 1^{m},30 d'axe en axe; ils se composeront de trois pièces en fonte surmontées de deux morceaux de bois dur, et auront 0^{m},92 de hauteur totale. Leur niveau supérieur sera de 0^{m},12 plus élevé que le haut-radier de l'écluse.

Les formes seront fermées par des portes en bois. Chaque vantail (Pl. 4 *fig.* 26 à 28) aura 6^{m},41 de hauteur et 8^{m},64 de longueur; il se composera d'un poteau-tourillon et d'un poteau busqué de 0^{m},50 sur 0^{m},50 d'équarrissage, de 7 entretoises, dont 4 doubles, d'un bordé de 0^{m},06 d'épaisseur et de deux cours de moises verticales de 0^{m},40 sur 0^{m},23 d'équarrissage. Les entretoises, dont la hauteur sera de 0^{m},40 et de 0^{m},80, seront composées d'un entrait et d'une courbe; leur plus grande largeur sera de 0^{m},69 pour les entretoises intermédiaires et de 0^{m},75 pour les entretoises inférieures et supérieures. Les assemblages seront maintenus au moyen d'une ceinture en fer méplat de 0^{m}.10 sur 0^{m},03 placée à la partie supérieure, et de doubles étriers en fer de 1^{m},50 de longueur, de 0^{m},10 de largeur sur 0^{m},02 d'épaisseur. Une vanne sera placée sur chaque vantail. Les poteaux-tourillons et busqués et les moises seront en chêne, le reste de la charpente en sapin.

L'avant-projet comprenait l'établissement d'une nouvelle machine d'épuisement, mais il paraît qu'on essayera de mettre les formes en communication avec l'ancien puisard.

Comme ouvrages accessoires, le prolongement du bassin entraînera le déplacement d'un cours d'eau, le Schyn, qui devra être reporté au Nord.

Les travaux, évalués à 3.250.000 francs, ont été adjugés le 28 mai 1877 pour la somme de 3.160.000 francs. Ils doivent être achevés dans un délai de 3 ans 6 mois, à partir du jour de l'ordre d'exécution. Le commencement en est retardé par les expropriations qui ne sont pas encore terminées.

Éclairage électrique. — Dans le but de faciliter les mou-

vements de la navigation pendant la nuit, il a été fait divers essais d'éclairage électrique ; les résultats ont été satisfaisants, mais aucune décision n'a encore été prise pour l'usage permanent de ce mode d'éclairage.

Bassin de batelage à Looibroek. — Le creusement d'un bassin de batelage à Looibroek sera commencé sous peu ; l'acquisition des terrains vient d'être terminée. Ce bassin, réservé à la navigation du canal de la Campine, permettra d'éloigner des docks les bateaux qui les encombrent actuellement ; il aura 450 mètres de longueur sur 40 mètres de largeur.

Travaux divers. — Parmi les travaux relatifs au port et dont la dépense doit être imputée sur l'emprunt de 60 millions, un certain nombre sont encore en projet ; en voici la nomenclature :

	francs.
Hangars et grues sur le grand bassin. .	500.000
Hangars sur le Kattendyk.	600.000
Grues sur le Kàttendyk.	120.000
Bassin de batelage et outillage des quais de l'Escaut.	5.000.000

Quais de l'Escaut. — *Bassin de batelage.* — Le Gouvernement et la Ville ont adopté, pour le tracé des nouveaux quais, celui qui avait été proposé par la commission de 1870.

Le cours de l'Escaut sera régularisé dans la traversée d'Anvers ; il ne présentera plus cette suite d'élargissements et de rétrécissements qui nuisent à la propagation de la marée et à la navigation.

Le fleuve, près de Burght, a une largeur régulière de 400 mètres environ à marée basse. A mesure que l'on approche de la ville, cette largeur augmente d'abord lentement, puis assez brusquement jusque vis-à-vis de la citadelle du Sud où elle atteint 590 mètres ; elle se réduit ensuite à 335 mètres en face la batterie Saint-Michel. L'Escaut s'élargit de nouveau jusqu'au canal Saint-Jean pour

se rétrécir au point de ne plus avoir que 295 mètres en face du Werf. En aval de ce point, la largeur augmente assez irrégulièrement et mesure à peu près 400 mètres en aval de l'écluse du Kattendyk.

La nouvelle rive droite de l'Escaut sera légèrement concave vers le fleuve dont la largeur sera uniformément de 350 mètres. Elle sera formée de trois arcs de cercle se raccordant tangentiellement ; celui du milieu aura un rayon de 22.916 mètres et une longueur de 990 mètres ; les autres auront des rayons moindres. Le Werf disparaîtra ainsi qu'une partie des quais Van-Dyck et Jordaens ; l'emprise faite sur la ville aura une superficie d'environ un hectare un tiers, sa longueur sera de 500 mètres, et sa plus grande largeur, déduction faite du Werf, de 43 mètres. Au droit de l'ancienne citadelle, le mur sera établi à près de 100 mètres en avant de la rive actuelle ; la section transversale du fleuve sera ainsi réduite de 1/5 à basse mer et de 1/3 à haute mer, mais on fera des dragages pour conserver à cette section sa superficie actuelle.

Le thalweg sera modifié ; on pense qu'il se rapprochera des nouveaux quais et qu'il s'y maintiendra grâce au tracé concave de la rive. Actuellement, vis-à-vis de la citadelle, il y a deux thalwegs creusés, l'un par le flot, l'autre par le jusant ; ils ont 40 et 50 mètres de largeur et sont séparés par un haut-fond recouvert de 3 à 4 mètres d'eau ; à basse mer, la profondeur moyenne dans cette section ne dépasse guère 4 mètres. Au large du Werf, il n'existe qu'un seul thalweg, le tirant d'eau maximum dépasse 15 mètres, il atteint 8 mètres sur une largeur de 210 mètres.

Les quais auront environ 3.500 mètres de longueur ; ils seront fondés assez bas pour qu'il reste à leur pied 8 mètres d'eau à basse mer. La largeur du terre-plein, y compris la voie charretière et l'emplacement occupé par les rails, sera probablement de 60 mètres au minimum. On disposera trois embarcadères flottants ; ils se composeront

d'un ponton mobile placé dans une retraite pratiquée dans le quai; la communication avec le terre-plein sera établie au moyen d'un pont mobile. L'une de ces retraites aura 114 mètres de longueur, les deux autres n'auront que 47 mètres; le ponton qui occupera la plus grande de ces enclaves, aura 100 mètres de long sur 20 mètres de large.

On pourra mettre à quai 26 navires de 3.000 à 3.500 tonneaux de jauge ayant respectivement de 90 à 110 mètres de longueur, non compris les bâtiments qui seraient placés en seconde ligne.

L'administration des ponts et chaussées a arrêté pour la construction des murs de quai les types qui lui paraissaient le mieux satisfaire aux diverses exigences; mais elle ne les a pas imposés aux entrepreneurs qui ont pris part à l'adjudication du 22 janvier 1877; ceux-ci ont eu la faculté de présenter le projet qui leur paraissait préférable.

Les propositions les plus avantageuses ont été faites par MM. Couvreux et Hersent, qui ont offert d'exécuter les travaux moyennant une somme de 38.275.225 francs; ce prix ne constitue pas un forfait absolu. Moyennant cette somme, MM. Couvreux et Hersent s'engagent à descendre les fondations des quais, partie à 10 mètres, partie à 13 mètres de profondeur, ainsi que l'indiquent les dessins ayant servi de base à l'adjudication. Mais si, en exécution, on reconnaissait la nécessité d'abaisser le niveau des fondations, l'augmentation de travail qui en résulterait serait payée en plus à raison du cube de maçonnerie en excès.

Le bassin de batelage sera établi parallèlement à l'Escaut; sa longueur totale sera de 730 mètres. Il sera divisé en trois darses par deux traverses et communiquera avec le fleuve par un sas éclusé. Le sas aura 75 mètres de longueur et 25 mètres de largeur; le plafond sera creusé à la cote — 2 mètres et les écluses auront 13 mètres de largeur.

La darse ou bassin central aura 270 mètres de longueur

sur 65 mètres de largeur, les autres auront 200 et 225 mètres de longueur sur 50 mètres de largeur; ils communiqueront entre eux par des pertuis de 10 mètres de largeur. Les quais utilisables pour les bateaux auront un développement d'environ 1.550 mètres de longueur; leur largeur sera de 30 mètres; le couronnement sera à 2 mètres au-dessus du niveau de la flottaison du bassin. Des ponts tournants seront établis sur les écluses et les pertuis.

Après l'achèvement des travaux, les quais de l'Escaut et ceux du bassin de batelage seront pourvus de voies ferrées, de hangars et de magasins. La Ville a décidé, en outre, la construction d'un bassin d'échouage un peu en amont du pont projeté sur l'Escaut. Ce bassin aura 115 mètres de longueur sur 50 mètres de largeur; il sera entouré de quais de 30 mètres. Il est destiné aux bateaux qui descendent le fleuve pour apporter à Anvers des matériaux de construction, briques, chaux, etc. La Ville possède aux abords de ce bassin 8.000 mètres carrés de terrains qui pourront être loués ou vendus pour y établir des hangars, des magasins, des écuries ou toutes autres installations utiles au commerce.

CHAPITRE IV.

RENSEIGNEMENTS COMMERCIAUX ET STATISTIQUES.

Navigation maritime.

Le tableau suivant fait connaître l'ensemble du mouvement de la navigation depuis 1840, tel qu'il est donné par les publications officielles du Gouvernement belge.

ANNÉES.	ENTRÉES.				SORTIES.			
	Nombre.	Tonnage.	Degré de chargement.	Poids des cargaisons.	Nombre.	Tonnage.	Degré de chargement.	Poids des cargaisons.
			tonnes.	tonnes.			tonnes.	tonnes.
1840	1.158	177.315	171.507	»	1.153	179.485	47.948	»
1845	1.919	280.899	267.877	»	1.788	258.565	49.414	»
1850	1.406	233.760	193.838	»	1.456	242.884	151.750	»
1855	1.995	363.845	327.730	»	1.940	355.067	148.946	»
1860	2.547	532.083	505.583	»	2.711	555.423	322.225	»
1861	2.768	633.471	616.685	660.991	2.779	640.819	300.161	155 560
1862	2.281	572.624	555.851	568.953	2.294	573.409	339.856	196.406
1863	2.513	593.397	567.709	541.594	2.550	601.788	338 034	250.632
1864	2.722	670.905	630.521	602.393	2.736	659.900	384 967	248.441
1865	2.982	761.693	692.265	631.244	2.903	750.606	420.637	246.334
1866	3.074	914.172	811.905	725.542	3.007	881.426	507.575	240 744
1867	3.417	1.141.853	995.525	979.663	3.411	1.147.526	585.627	283.339
1868	3.513	1.133.228	1.029.403	958.094	3.454	1.133.685	577.860	278.777
1869	3.749	1.271.905	1.155.270	1.036 539	3.675	1.257,859	740.540	365.836
1870	3.967	1.343.795	1.290.784	1.182.815	3.754	1.310.122	745.771	346.754
1871	5.434	1.827.746	1.734.620	1.748.622	5.607	1.844.062	833.880	399.630
1872	4 179	1.610.126	1.411.328	1.358.241	4.290	1.638.331	1.025.464	428.920
1873	4.818	2.015.213	1.740.068	1.768.844	4.785	2.016.388	1.163.198	397.352
1874	4.443	2.080.795	1.998.920	1.738.177	4.528	2.120.103	1.240.629	425.136
1875	4.249	2.113.760	2.116.740	1.710.009	4.223	2.101.508	1.629.597	381.643
1876	4 413	2.480.771	»	»	4.418	»	»	»

Le degré de chargement est estimé en prenant d'une manière approximative la proportion existant entre la quantité de marchandises que contient le navire et celle qu'il pourrait porter s'il était plein. Parfois, le chiffre indiquant le degré de chargement dépasse celui du tonnage (jauge légale) du navire. Ceci tient à ce que le navire ayant sa cale entièrement pleine a chargé, en outre, des marchandises sur le pont.

Le poids des cargaisons à l'entrée est très-exactement connu, les navires étant tenus de remettre à la douane le détail complet de leur chargement. Il n'en est pas de même à la sortie; dans ce cas, la douane se borne à faire le relevé des déclarations qui lui sont adressées; fréquemment ces déclarations sont inexactes, souvent même il n'en est pas fait; aussi, le poids des marchandises à l'exportation accusé par les statistiques officielles est-il de beaucoup inférieur à la réalité.

Les chiffres du tableau précédent comprennent non-seulement les navires faisant leurs opérations commerciales dans le port d'Anvers, mais encore ceux qui, allant dans des ports intérieurs ou en venant, font leur déclaration d'entrée ou de sortie au bureau de la douane d'Anvers. La distinction entre les navires ayant ces diverses destinations n'est généralement pas faite dans les statistiques. Le mouvement total du port d'Anvers pendant les douze dernières années peut cependant être établi ainsi qu'il suit :

ANNÉES.	ENTRÉES.		SORTIES.	
	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.
1865	2.804	742.490	2.752	735.000
1866	2.895	894.532	2.796	861.138
1867	3.245	1.122.785	3.200	1.125.856
1868	3.296	1.107.346	3.228	1.107.035
1869	3.520	1.244.627	3.400	1.226 388
1870	3.732	1.317.315	3.449	1.277.076
1871	4.805	1.763.207	4.945	1.775.754
1872	3.764	1.557.578	3.768	1.574 902
1873	4.384	1.959.294	4.296	1.955.143
1874	4.075	2.032.183	4.124	2.066.901
1875	3.870	2.063.070	3.801	2.046.254
1876	3.908	2.428.934		

Le nombre et le tonnage des navires à vapeur ont beaucoup augmenté pendant ces dernières années, tandis que ceux des bâtiments à voiles sont restés, à peu près, stationnaires, ainsi qu'il résulte du tableau suivant donnant les mouvements de la navigation à l'entrée.

	NAVIRES A VOILES.			NAVIRES A VAPEUR.			TOTAUX.		
	Nombre.	TONNAGE total.	TONNAGE moyen.	Nombre.	TONNAGE total.	TONNAGE moyen.	Nombre.	TONNAGE total.	TONNAGE moyen.
[illegible]	2.120	469.137	221	862	292.826	340	2.982	761.693	256
[illegible]	2.026	524.421	259	1.048	389.751	372	3.074	914.172	297
[illegible]	2.174	552.674	254	1.243	589.179	474	3.417	1.141.853	334
[illegible]	2.315	588.124	254	1.198	545.104	455	3.513	1.133.228	323
[illegible]	2.434	578.283	238	1.315	693.622	527	3.749	1.271.905	339
[illegible]	2.222	570.939	256	1.745	772.856	443	3.967	1.343.795	339
[illegible]	3.333	775.786	233	2.101	1.051.960	500	5.434	1.827.746	336
[illegible]	1.960	530.607	270	2.219	1.079.519	489	4.179	1.610.126	385
[illegible]	2.204	626.107	284	2.613	1.405.292	538	4.817	2.031.399	422
[illegible]	1.825	562.867	308	2.618	1.517.928	580	4.443	2.080.795	468
[illegible]	1.532	463.850	303	2.717	1.649.910	607	4.249	2.113.760	497
[illegible]	1.397	511.516	366	3.016	1.969.255	653	4.413	2.480.771	562

Les principales relations du port d'Anvers existent avec l'Angleterre, la France, l'Allemagne, la Russie, la Suède, la Norwége, le bassin de la Méditerranée, les États-Unis et la Plata.

Le tableau suivant fait connaître les pays de provenance et de destination des navires pour les trois années 1865, 1870 et 1875 :

PAYS de provenance ou de destination.	1865.				1870.				1875.			
	ENTRÉES.		SORTIES.		ENTRÉES.		SORTIES.		ENTRÉES.		SORTIES.	
	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.
		tonnes.		tonnes.		tonnes.		tonnes.		tonnes.		tonnes.
Russie	288	74.369	99	28.162	302	107.772	199	62.122	292	211.869	161	80.008
Suède et Norwége	275	56.366	339	71.637	306	84.251	292	80.386	428	126.950	341	104.236
Danemark	83	9.321	41	7.322	151	22.237	44	15.476	76	13.568	76	26.988
Allemagne	211	52.348	181	45.028	326	100.634	171	54.515	283	120.607	249	99.817
Pays-Bas	16	6.052	16	5.815	28	10.862	8	2.230	34	22.648	38	26.702
Angleterre	1.026	296.560	1.529	425.541	1.401	513.073	2.182	805.137	1.820	860.751	2.452	1.246.124
France	170	31.358	138	27.452	198	56.999	177	41.302	221	100.697	167	84.149
Portugal	8	876	12	1.473	9	778	14	3.543	17	6.967	29	9.703
Espagne	310	40.194	116	15.581	314	43.328	64	12.680	228	57.096	113	30.590
Italie	67	10.936	48	10.453	204	45.742	79	15.828	65	39.070	19	11.021
Algérie	11	2.774	4	175	25	5.735	4	979	38	15.339	8	2.462
Grèce	8	1.265	»	»	11	2.113	1	175	15	7.114	1	149
Turquie	34	12.742	37	12.586	47	20.309	73	30.672	55	56.631	12	8.216
Méditerranée	38	12.766	27	6.853	11	6.884	21	4.739	8	4.017	14	5.786
États-Unis	81	35.102	36	22.893	153	102.688	98	71.376	268	215.251	213	192.312
Possessions anglaises en Amérique	2	1.048	13	6.105	11	5.353	21	14.535	8	3.620	26	14.469
Haïti	38	8.875	»	»	30	7.958	1	128	14	2.936	4	1.369
Cuba	36	11.576	41	10.846	28	7.478	43	12.187	27	8.246	56	19.056
Mexique	»	»	6	1.254	2	772	4	763	3	1.777	6	1.326
Brésil	64	11.522	19	3.643	41	16.258	33	18.163	63	21.223	26	14.145
Rio de la Plata	177	55.001	28	6.536	217	88.760	19	12.161	175	133.146	31	30.536
Uruguay	»	»	»	»	43	13.237	7	2.879	35	14.237	6	3.429
Chili	»	»	9	3.515			6	6.766	3	2.664	17	16.124
Pérou	13	13.297	3	937	73	61.400	2	2.099	35	38.379	23	27.187
Indes anglaises	21	15.916	6	5.951	23	16.553	3	2.407	34	26.570	9	5.343
Autres pays	5	1.429	6	1.034	10	2.601	5	663	4	2.387	12	10.623
A l'aventure	»	»	153	29.992	»	»	183	36.211	»	»	114	29.638
Totaux	2.982	761.693	2.903	750.606	3.967	1.343.795	3.754	1 310.122	4.249	2.113.760	4.223	2.101.508

Pour l'année 1876, la répartition du trafic entre les divers pavillons, s'est opérée ainsi qu'il suit :

PAVILLON.	NOMBRE.	TONNAGE.
Allemagne.	355	165 024
Angleterre.	2.395	1.525.221
Autriche.	39	21.652
Belgique.	187	185.869
Danemark.	232	78.103
Espagne.	114	49.905
Etats-Unis.	56	50.894
France.	263	90.779
Grèce.	15	7.982
Hollande.	73	21.148
Italie.	98	48.767
Portugal.	16	9.509
Russie.	53	30.965
Suède et Norwége.	497	194.953
Totaux.	4.413	2 480.771

Des lignes régulières de navigation à vapeur existent dans un grand nombre de directions. Les départs sont au nombre de 5 par semaine pour Londres ; ils sont bi-hebdomadaires pour Liverpool, Hull, Grimsby, Middlesborough, le Havre et Bordeaux ; hebdomadaires pour Greenock et Glascow, Leith, Gothembourg et la Suède ; bi-mensuels pour Cronstadt et Saint-Petersbourg, Dantzig et Stettin, Christiania et Christiansand, Porto et Lisbonne, la Méditerranée, l'Archipel et la mer Noire ; mensuels pour Southampton et Valparaiso. Trois départs par mois ont lieu pour Bristol et Cardiff, Lisbonne, Rio-Janeiro, Buénos-Ayres et Montevideo, New-York et Philadelphie.

Le tableau suivant fait connaître le chiffre des importations par mer des principales marchandises pendant les années 1865, 1870 et 1875.

PRODUITS.	1865.	1870.	1875.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Bois de construction	171.042	143.658	208.937
Bois d'ébénisterie	3.035	2.994	3.107
Boissons fermentées, vins	3.980	3.980	6.749
Cafés	18.925	19.526	29.423
Coton	5.938	14.303	29.590
Guano et engrais	14.752	84 976	86.105
Fers, fontes, aciers	31.208	106.212	129.222
Filaments végétaux	7.317	11.719	13.243
Graines oléagineuses	63.127	44.782	75.813
Grains, céréales et farines	46.684	272.042	384.946
Graisses	4.450	10.774	14.072
Huiles non alimentaires	2.288	6.649	10.675
Houille et coke	3.457	2 8200	160.129
Laines	28.903	50.815	80.268
Métaux (sauf fers et cuivres), minerais	67.994	124.060	129.623
Peaux brutes	18.423	27.043	31.347
Sels de soude	15.193	26 425	24.881
Résine, bitume, y compris l'huile de pétrole	46.910	82.671	120.728
Riz	22.189	29.379	49.523
Sel	11.317	20.394	39.914
Soufre	1.643	5.095	13.019
Sucres	12.553	9.478	10.142
Teintures, couleurs	8.904	13.560	13.936

Les bois, fers et fontes, minerais, soufre, huile de pétrole, sels de soude, graisses, laines et cuirs de la Plata viennent directement des pays de production; mais pour la plupart des autres marchandises, une grande partie est importée par transbordement d'Angleterre, de France, de Hollande et d'Allemagne. C'est ainsi que sur 754.220 balles de coton entrées de 1872 à 1876, 494.728 arrivaient d'Angleterre et 70.134 de France; sur 2.153.348 sacs de café introduits pendant la même période, 420.662 provenaient d'Angleterre, 235.278 de Hollande, 215.319 de France et 96.033 de Hambourg. Il en est de même pour les sucres coloniaux, les graines oléagineuses, les filaments végétaux et le riz.

Les principales marchandises à la sortie consistent en métaux ouvrés, houille, zincs, tissus de laine et de coton, verreries, poteries, papeterie, matériaux de construction, riz, sucre, légumes et pommes de terre. Les renseignements recueillis par la douane ne permettent pas d'indiquer le

poids exact des exportations de chacun de ces articles; il résulte, toutefois, des statistiques, tout incomplètes qu'elles sont, qu'annuellement il est embarqué au delà de 135.000 tonnes de fers, fontes et aciers bruts ou travaillés, 70.000 tonnes de verreries, 15.000 tonnes de papiers 25.000 tonnes de sucres, 40.000 tonnes de légumes et pommes de terre.

Bien que le degré de chargement des navires à la sortie se soit déjà beaucoup accru, on cherche les moyens de développer encore l'exportation. On pense y parvenir en réduisant, autant que possible, les tarifs des chemins de fer et en facilitant l'exportation du charbon de terre, notamment celui provenant de la vallée de la Ruhr. C'est dans ce but qu'une partie du quai Est du bassin du Canal a été aménagée de manière à permettre un embarquement facile; cette installation sera perfectionnée si le trafic devient suffisamment considérable. Dès à présent, une partie de la marine militaire de l'Allemagne et les transatlantiques brémois qui touchent à Anvers, s'approvisionnent dans ce port en charbon de la vallée de la Ruhr.

Une grande partie des marchandises importées et exportées ne font que traverser la Belgique; elles sont de provenance ou à destination de la France, de l'Allemagne et de la Suisse.

Le mouvement de l'émigration par Anvers est peu considérable; il a atteint son maximum en 1869, où 8.873 émigrants se sont embarqués; nul en 1871, le nombre d'émigrants a été de 6.294 en 1873, de 5.316 en 1874, de 4.735 en 1875 et de 7.374 en 1876.

Au 1er janvier 1876, 46 navires jaugeant ensemble 47.040 tonneaux étaient attachés au port d'Anvers; sur ce nombre, 24 étaient à vapeur. En outre, 12 bateaux de pêche étaient inscrits au port. La vente du poisson frais s'est élevée, en 1875, à 1.118.269^f^,10.

Navigation intérieure.

Indépendamment des navires de mer, Anvers reçoit un grand nombre de bateaux qui arrivent par l'Escaut, ses affluents et le canal de la Campine. Le nombre et le tonnage de ces bateaux, à l'entrée, ont atteint les chiffres suivants :

ANNÉES.	NOMBRE.	TONNAGE.	
		Total.	Moyen.
		tonnes.	tonnes.
1870.	24.920	1.030.785	41,3
1871.	31.943	1.144.519	38,9
1872.	33.413	1.297.776	38,8
1873.	31.959	1.235 996	38,7
1874.	27.768	1.153.886	41,6
1875.	28 300	1.327.950	46,9
1876.	28:649	1.324.246	46,2

De ces bateaux, les uns sont entrés dans les bassins, les autres ont accosté aux quais de l'Escaut ou dans les canaux dépendant du port. Pendant les trois dernières années, la répartition entre ces diverses destinations s'est effectuée comme il suit :

DESTINATION.	1874.		1875.		1876.	
	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.	Nombre.	Tonnage.
Ecluse du Kattendyk. . .	2.409	168.753	2.721	204 963	2.782	229.842
Ecluse des vieux bassins.	6 199	314.533	6.568	362.547	7.526	370.064
Quais de l'Escaut; Canaux	19.160	670 600	19.011	760 440	18.341	724.340
Totaux.	27.768	1.153.886	28.300	1.327.950	28.649	1.324.246

En outre, un certain nombre de bateaux traversent les nouveaux bassins en allant de l'Escaut dans le canal de la Campine ou inversement. En 1876, il est entré par l'écluse du Kattendyk 2.472 bateaux jaugeant 164.483 tonneaux, et il en est sorti 2.034 jaugeant 133.843 tonneaux. Enfin,

1.621 bateaux de l'intérieur, entrant en Belgique par l'Escaut, ont fait leur déclaration en douane à Anvers; mais ils ne se sont livrés à aucune opération commerciale dans ce port.

Les chiffres inscrits dans les tableaux précédents indiquent le port maximum des bateaux, c'est-à-dire le poids maximum que pourrait atteindre la cargaison si le bateau était entièrement chargé. Il n'est pas tenu compte du poids réel des marchandises tant à l'entrée qu'à la sortie; mais on peut estimer les poids des cargaisons à l'entrée aux $\frac{7}{8}$ environ du tonnage des bateaux; à la sortie, ce rapport serait des $\frac{1}{8}$ environ.

Les bateaux de l'intérieur qui fréquentent le port d'Anvers peuvent être classés en divers groupes, suivant leur lieu de provenance.

Il existe des services réguliers à vapeur dans les directions de Boom et de Tamise, de Hamme, de Rotterdam, d'Amsterdam et de Mannheim; de nombreuses lignes de navigation par voiliers mettent, d'autre part, Anvers en communication avec Gand, Bruges, Ostende, Rupelmonde, Louvain, Bruxelles, Hamme, Tamise, etc. Ces voiliers, dont les départs atteignent 50 par semaine, ont un tonnage moyen de près de 80 tonneaux.

4.900 bateaux environ apportent des matériaux de construction; ils viennent de l'amont du fleuve et abordent au quai Plantin. Ils arrivent avec le jusant, déchargent rapidement leur cargaison et repartent à vide avec le flot. Ces bateaux ont de 12 à 23 mètres de longueur; leur largeur varie de 4 à 6 mètres et leur tirant d'eau de $1^m,50$ à $2^m,10$; ils portent de 20 à 60 tonneaux.

De nombreuses embarcations chargeant 5, 10 et 15 tonneaux, vont sur les bancs de l'Escaut chercher du sable destiné aux travaux de la ville ou à ceux du port. Cette navigation est particulièrement active en ce moment, par suite des remblais que l'on exécute en arrière des nouveaux

quais du grand bassin. Aussi arrive-t-il parfois 50 de ces bateaux en un seul jour.

Les chalands qui font le lestage pour le compte des particuliers sont également compris parmi les entrées; ces bateaux viennent du canal de la Campine avec 120 tonneaux de sable. La plupart se composent de deux parties, contenant chacune 60 tonnes de lest, mises bout à bout et maintenues au moyen d'amarres.

Les relations avec le Rhin sont très-suivies. Les bateaux employés à ce trafic ont jusqu'à 66 mètres de longueur, mais ils ne dépassent pas 2^m,10 de tirant d'eau. Ils appartiennent à trois types : des vapeurs de 7 à 800 tonneaux de jauge, ayant 60 à 66 mètres de longueur, 8^m,30 de largeur et 2^m,90 de creux; des voiliers et des alléges pouvant porter 350 à 400 tonnes; les alléges sont toujours remorquées. Pour gagner le Rhin, ces bateaux descendent l'Escaut jusqu'à Hanswest, là ils prennent le canal communiquant avec la Meuse. Les escales desservies sur le Rhin sont : Cologne, Mayence, Mannheim, Emmerich, Ruhrort, Wesel, Dusseldorf, Coblentz, Worms, etc. A la sortie, les bateaux chargent des produits chimiques, des résines, de l'huile de pétrole, des bois de teinture, des saindoux, des minerais et du coton; ils reviennent avec des fers, de l'acier, du papier et surtout du charbon.

Les péniches du Nord et les bateaux du canal de Charleroy arrivent à Anvers sans difficulté. Les premières jaugent jusqu'à 300 tonneaux; elles ont de 33 à 37 mètres de longueur, 5 mètres de largeur et 1^m,80 de tirant d'eau; les seconds ne jaugent que 75 à 80 tonneaux; leur longueur varie de 19^m,40 à 19^m,60; leur largeur est de 2^m,60 et leur tirant d'eau de 1^m,80. Les uns et les autres transportent principalement du guano, des grains, des graines, des bois, des sels de soude, du charbon, des fers et des minerais.

Enfin, un certain nombre de bateaux naviguent entre Anvers, les bords de l'Escaut et divers ports de Hollande; quelques-uns descendent même jusqu'à Flessingue.

La plupart des bateaux qui viennent à Anvers, sauf les lesteurs, les péniches et les bateaux du canal de Charleroy, sont d'une construction spéciale; ils sont gréés en sloop et pontés en avant jusqu'au mât, ainsi qu'à l'arrière, sur une certaine longueur. La partie centrale est percée d'un grand panneau entouré d'un iloir de 0m,30 à 0m,50 de hauteur; il reste entre l'iloir et les parois du bateau une cursive de 0m,40 à 0m,60 de largeur pour recevoir l'eau qui embarque. Les bateaux ainsi construits peuvent supporter une houle déjà assez forte.

Les petites embarcations qui vont chercher du sable sur les bancs de l'Escaut sont également pontées à l'avant jusqu'au mât, et sur une petite longueur à l'arrière; mais la partie centrale est complétement libre jusqu'au bordé; on la remplit tout entière de sable. Les lesteurs ne sont pas pontés.

La répartition du tonnage des diverses catégories de bateaux peut, approximativement, s'établir ainsi qu'il suit:

CATÉGORIES DE NAVIRES.	TONNAGE.	OBSERVATIONS.
Bateaux à vapeur pour Boom et Tamise.	tonnes. tonnes. de 100.000 à 115.000	4 départs par jour. Bateaux jaugeant de 70 à 80 tonneaux.
Bateaux à vapeur pour Hamme. . .	37.000	2 départs par jour. Bateaux jaugeant 51 tonneaux.
Bateaux à vapeur pour Rotterdam. .	de 60.000 à 70.000	1 départ par jour. Bateaux jaugeant de 170 à 215 tonneaux.
Lignes régulières de bateaux à voiles.	de 180.000 à 200.000	50 départs par semaine. Bateaux jaugeant de 70 à 80 tonneaux.
Bateaux chargés de matériaux de construction.	de 145.000 à 170.000	4.900 bateaux jaugeant de 30 à 35 tonneaux.
Bateaux allant dans le Rhin.	de 450.000 à 490.000	1.200 bateaux jaugeant de 375 à 410 tonneaux.
Navigations diverses.	de 353.000 à 243.000	Lesteurs, bateaux chargés de sable, péniches du Nord, bateaux du canal Charleroy et bateaux divers.
Total.	1.325.000	

Les bateaux qui servent de magasins flottants dans le port ne sont pas compris dans les chiffres qui précèdent. Leur nombre est d'environ 250 et leur tonnage moyen de 180 tonneaux.

Chemins de fer.

Les réseaux des chemins de fer de l'État et du Grand-Central belge aboutissent aux gares maritimes d'Anvers, dont la direction est confiée à un chef de station nommé par le Gouvernement.

Le trafic des gares a doublé pendant les sept dernières années; il est environ la moitié de celui du port; cette proportion se maintient à peu près invariable. Le tableau suivant fait connaître le poids total des marchandises à l'arrivage et à l'expédition pendant les années 1870 à 1876.

ANNÉES.	EXPÉDITIONS.	ARRIVAGES.	TOTAL.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1870	616.470	351.604	968.074
1871	818.009	365.056	1.183.065
1872	769.951	444.729	1.214.680
1873	910.641	383.214	1.293.855
1874	945.573	599.035	1.544.608
1875	902.192	746.656	1.648.848
1876	1.112.079	726.173	1.838.252

Le mouvement des wagons, pendant l'année 1876, s'est élevé à 819.340, ce qui donne une moyenne de 2.244 par jour, dimanches et fêtes compris.

	CHARGÉS.	VIDES.	ENSEMBLE.
	wagons.	wagons.	wagons.
Expédition	209.784	59.972	269,756
Arrivage	167.574	104.857	272.431
Total	377.358	164.829	542.187
Échange avec Stuyvenberg	190.336	86.817	277.153
Total général	567.694	251.646	819.340

Le tableau suivant fait connaître, pour la même année, les poids des principales marchandises à l'expédition et à l'arrivage.

MARCHANDISES.	EXPÉDITIONS.	ARRIVAGES.
	tonnes.	tonnes.
Bois	75.063	3.519
Céréales, farines	241.101	10.901
Chaux, plâtre, ciment, trass	»	33.760
Chanvre, lin, étoupe	2,727	2.923
Coton brut	33.479	100
Cuirs et peaux	22.480	599
Denrées coloniales	64.313	»
Emballages vides	»	5.500
Engrais, guano	33 504	2.731
Fers, fontes	118.445	246.831
Fils de lin, filatures	»	4.858
Houille, coke	4.507	147.853
Huiles	11.333	641
Huile de pétrole	93.795	»
Laines	71.670	13.673
Machines, mécaniques	7.153	20.377
Manufactures et tissus	6.787	»
Marbres, pierres de taille, moellons, carreaux, briques, pavés	8.834	49.221
Métaux autres que le fer	3.007	26.066
Minerais	107.045	»
Papier	»	2.900
Pommes de terre	»	10.715
Produits alimentaires	»	10.881
Résine, chlorure et chaux	30 529	850
Riz	18.291	»
Saindoux et lard	8.854	»
Sucres bruts et raffinés	7 800	61.855
Terres blanches et autres	9.991	225
Verres, cristaux, bouteilles	»	41.500
Vins et spiritueux	4.953	593

Exploitation.

Les navires sont signalés par le télégraphe lorsqu'ils passent en rade de Flessingue. De cette façon, les armateurs et consignataires connaissent d'avance l'arrivée des bâtiments qu'ils attendent, et ils peuvent prendre les dispositions nécessaires pour hâter le déchargement.

La visite du service sanitaire a lieu à Doel; les navires venant de pays contaminés ou n'ayant pas de patente nette y sont seuls soumis.

La douane est installée à Lillo; c'est en ce point que

les capitaines remettent leur manifeste et font leurs déclarations. Des douaniers montent à bord des bateaux ; ils les accompagnent jusqu'à destination et transmettent les papiers à la douane d'Anvers aussitôt qu'ils sont arrivés dans ce port. Le déchargement peut être commencé dès le moment où le navire est à quai, pourvu que le courtier ait fait une déclaration provisoire en douane avant l'arrivée du bateau; cette déclaration doit être régularisée dans les quatre heures qui suivent le moment de l'entrée du navire dans le port.

Les droits de douane ne portent que sur un petit nombre d'articles dont voici les principaux : le café, les bois, les fers, les vins et eaux-de-vie, les grains, les sucres, les fils et tissus de coton et de laine, et les tabacs. Les matières premières telles que : les cotons et laines bruts, les minerais, les charbons, les suifs, les graisses, les os, les cuirs, les huiles, et notamment l'huile de pétrole, sont exemptes de tous droits.

Indépendamment des frais de pilotage fixés d'après le tirant d'eau du navire, il est perçu un droit de feux et fanaux au profit des Gouvernements hollandais et belge. Ce droit est fixé à 6 cents des Pays-Bas et à 0f,06, soit ensemble à 0f,18698 par tonneau de jauge.

La Ville, à qui appartient le port, intervient également dans son exploitation. Elle a installé un service de halage et de remorquage à l'entrée et à l'intérieur des bassins; elle possède des grues pour le débarquement des marchandises, et loue des magasins et les terre-pleins des quais. Les formes de radoub et autres instruments de carénage sont exploités en régie pour son compte.

La tableau suivant fait connaître les recettes et les dépenses ordinaires et extraordinaires afférentes aux établissements maritimes, y compris l'intérêt et l'amortissement des emprunts affectés aux travaux d'amélioration du port.

ANNÉES.	RECETTES.	DÉPENSES.		
		Entretien et exploitation.	Intérêts et amortissement des emprunts.	Totales.
	francs.	francs.	francs.	francs.
1865....	592 987,71	520.644,10	287.315,37	807 959,47
1866....	670.558,14	345.025,56	787.315,37	1.132.340,93
1867....	853 601.61	294.933,21	787.315,37	1.082.248.58
1868....	938.751,44	336.491,66	787.315,37	1.123.807.03
1869....	950 528,20	399.019,77	787.315,37	1.186.335,14
1870....	1.042.452,40	385.138,42	787.315,37	1.172.453.79
1871....	1.440.995,06	277 460,25	877.815,37	1.155 275,62
1872....	1.285.149,77	398.031,12	787.315,37	1.185.316,49
1873....	1.651.778,08	394.919,45	787.315,37	1.182.234,82
1874....	1.707.828,25	»	»	1.313.524,66
1875....	1.683.287,66	429.682,68	1.912.315,37	2.341.998,05

Le détail des recettes et dépenses pour les années 1865, 1870 et 1875 est le suivant :

RECETTES.	1865.	1870.	1875.
	francs.	francs.	francs.
Droits de navigation...........	361.529,59	676.971,20	1.038.980,43
15 centimes additionnels aux droits de navigation..............	64.280,81	110.497,58	151.044,42
Lestage et délestage..........	39.314,91	61.610,01	54.068,29
Grues...................	18.812,17	29.882,61	31 289,06
Carénage................	6.189,72	2.475,89	202,00
Formes du Kattendyk.........	62.835.00	103.744,00	161.491,17
Passage aux ponts mobiles.......	2.700,00	1.001,73	3.173.47
Dépôts de bois, marbres.........	»	»	13.614,26
Location de terrains..........	28.065,36	44.407,55	197.231,15
Ecluse du Kattendyk. — Quote-part de l'Etat................	9.262,15	11.858,80	12.163,41
Totaux......	592.989,71	1.042.452,40	1.683.287,66

DÉPENSES.	1865.	1870.	1875.
	francs.	francs.	francs.
Frais généraux d'administration, de police, d'éclairage, etc.........	100.000,00	100.000,00	100 000,00
Personnel du port...........	58.147,00	101.667,36	158.057,69
Dragages.................	31 957,76	38.420,20	40.920,73
Bassins, quais, ponts mobiles, entretien.	50.237,16	73.726,39	105.472,98
Dépenses pour les bassins.......	276.202.18	39.415.48	
Dépenses pour les quais du fleuve..	3.100,00	1.529,65	25.231,28
Dépenses diverses............	1.000,00	30.379,34	
Dotation de l'emprunt de 7 000.000...	287.315,37	287.315,37	287 315.37
Dotation de l'emprunt de 10.000.000..	»	500.000,00	500.000.00
Dotation de l'emprunt de 25.000.000..	»	»	1.125.000,00
Totaux.........	807.959,47	1.172.453,79	2.341.998,05

Les droits de navigation sont fixés ainsi qu'il suit :

Les navires venant de la mer payent un droit unique dont voici le tarif :

		francs.	
Navires de	100 tonneaux et au-dessous	0,40	par tonneau de jauge.
—	101 à 150.	0,45	—
—	151 à 200.	0,50	—
—	201 à 250.	0,55	—
—	251 à 300.	0,65	—
—	301 et au-dessus.	0,70	—

Les navires à voiles faisant leurs opérations en rade payent la moitié du droit.

Les navires à voiles qui, dans le courant de l'année, font plus de deux voyages à Anvers, ou les vapeurs qui entrent plus de deux fois dans les bassins, obtiennent une réduction de :

$^1/_4$ pour le 3e voyage.
$^1/_2$ pour le 4e voyage.
$^3/_4$ pour le 5e voyage et les suivants.

Les bateaux à vapeur venant de la mer qui déchargent en rade ou aux quais de l'Escaut payent :

	francs.	
Pour chacun des 10 premiers voyages,	0,22	par tonneau.
— 10 voyages suivants,	0,15	—
chaque voyage ultérieur.	0,10	—

Ces droits sont frappés d'une augmentation de 15 p. 100 destinée à couvrir les dépenses résultant des travaux d'amélioration.

Les bateaux de l'intérieur, y compris les remorqueurs qui entrent dans les bassins, payent :

Au-dessous de 50 tonneaux. . . .	0f,10	par tonneau.
De 50 tonneaux et au-dessus. . .	0,30	—

Les bateaux de l'intérieur, y compris les remorqueurs

qui chargent ou déchargent en rade, aux quais de l'Escaut et dans les canaux, payent à chaque voyage :

Ceux de moins de 30 mètres cubes o^f,04 par mètre cube.
Ceux de 30 mètres cubes et plus. . o ,06 —

sans que le total puisse dépasser 3 francs.

Les barques et steamers faisant le service journalier sur Tamise et Boom payent o^f,50 par jour, quelle que soit leur capacité et quel que soit le nombre de voyages faits dans la même journée.

Havre, 1er juillet 1877.

Un nouveau système de jaugeage pour les navires de mer ayant été soumis à l'examen des Chambres législatives, le Conseil communal d'Anvers a récemment adopté, pour les droits de quais, un nouveau tarif ainsi établi :

Navires entrant dans les bassins.

Navires de	85 » tonneaux et au dessous.		o^f,47	par tonneau.
—	86 à 128	—	o ,53	—
—	129 à 171	—	o ,58	—
—	172 à 214	—	o ,64	—
—	215 à 257	—	o ,76	—
—	258 et au-dessus	—	o ,82	—

Navires chargeant ou déchargeant en rade ou aux quais de l'Escaut.

Pour chacun des 10 premiers voyages. . . . . o^f,26 par tonneau.
— — 10 voyages suivants. . . . . o ,18 —
— chaque voyage ultérieur. . , ... o ,16 —
Le tonneau cubant 2^m,83.

Ces droits ne comprennent pas les 15 p. 100 additionnels relatifs aux travaux d'amélioration.

Ce tarif entrera en vigueur en même temps que le nouveau règlement pour le jaugeage des navires.

En 1877, il est entré dans le port d'Anvers 4.267 navires jaugeant ensemble 2.449.837 tonneaux.

15 janvier 1878.

N° 3

NOTE

SUR

UN NOUVEAU SYSTÈME DE FONÇAGE DES PIEUX

PAR INJECTION D'EAU

Par MM. STOECKLIN, ingénieur en chef,
et VÉTILLART, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

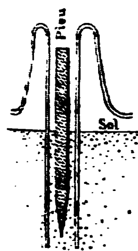
Des battages de pieux faits à Berck pour la défense du grand hôpital de l'Assistance publique, et les premiers battages exécutés à Calais pour les travaux d'agrandissement du port, nous avaient fait reconnaître l'immense difficulté que l'on éprouve, à enfoncer des pieux et des palplanches dans le sable fin et humide, qui constitue nos plages de la Manche et de la mer du Nord. Nous étions frappés non-seulement de la grande dépense que nécessitait ce battage, mais surtout du temps considérable qu'il exigeait. Comme la rapidité d'exécution était pour nous une des conditions essentielles de la réussite, nous nous sommes, dès le principe, préoccupés de chercher un moyen d'améliorer le système de battage employé jusqu'à ce jour.

Nous fondions notre espoir de réussir dans nos recherches sur plusieurs faits techniques qui étaient arrivés à notre connaissance. Ainsi nous savions que le fonçage des piles du pont de Kehl et celui des colonnes en fonte des jetées de l'Adour, à Bayonne, s'étaient effectués assez facilement, parce ce que l'air comprimé, en remontant à l'extérieur le long des parois, avait beaucoup diminué les frottements. Nous avions appris également par M. Ber-

geron, qu'un ingénieur anglais, M. Brunless, avait foncé en Angleterre un grand nombre de colonnes en fonte, en faisant passer dans leur intérieur, et déboucher au-dessous d'elles, un tube qui lançait un jet d'eau.

Il y avait dans ces faits le point de départ d'essais utiles. Mais nous étions pressés par le temps, notre personnel était absorbé par les travaux, et nous n'avions ni le moyen ni le loisir d'établir un atelier d'expériences sur la plage de Calais, qui ne découvre souvent que six heures par marée.

Nous avons donc commencé nos essais par les moyens les plus élémentaires, avec deux petites pompes de jardin, mues chacune par un homme, et refoulant l'eau dans un tuyau en caoutchouc terminé par un tube en fer (*) formant lance. On amenait l'eau le long du pieu à enfoncer, à $0^m,20$ *ou* $0^m,30$ *au-dessous de sa pointe inférieure.* En général, on plaçait un tube par devant, un autre par derrière. L'opération est, du reste, très-simple en elle-même, et la seule précaution qu'elle exige, est de tenir le tube dans une position aussi verticale que possible, et de le remuer continuellement, pour l'empêcher d'être étreint par le sable, qui redevient compacte dès que le courant d'eau s'interrompt ou cesse de remonter le long de la lance d'injection.



Le résultat a, dès le premier essai, dépassé toutes nos espérances, et nous avons pu terminer ainsi, dans les meilleures conditions d'économie et de rapidité, une enceinte de 474 mètres de longueur. Nous avons seulement remplacé nos deux petites pompes qui étaient insuffisantes, d'abord par une petite pompe à incendie que nous

(*) On se servait de petites conduites pour gaz, ayant de $2^m,50$ à $3^m,50$ de longueur et un diamètre de $0^m,027$.

a prêtée la ville, et ensuite par deux pompes à main, un peu plus puissantes que les premières, et dont les manivelles en forme de volant, étaient mues par deux hommes.

Nous sommes certainement loin encore d'être arrivés à tirer de ce système tout le profit qu'on peut en attendre, et les premiers résultats obtenus ne seront pour nous que le point de départ d'expériences plus complètes, que nous comptons faire, dès que nous pourrons disposer de quelques moments de loisir. Il sera intéressant, en effet, de rechercher le meilleur mode d'action, la profondeur à laquelle on pourra foncer au moyen de ce système, la nature des terrains dans lesquels il pourra trouver son application, et la force qu'il faudra développer suivant les sols différents dans lesquels on agira.

Mais les essais ne seront pas forcément resserrés dans ces limites étroites. D'une part, il est évident que le système par injection facilite le fonçage en désagrégeant le sol par le moyen d'un courant d'eau. D'autre part, l'expérience semble prouver que le sable fin, agité par un courant continu, acquiert la propriété de se maintenir pour ainsi dire en suspension dans l'eau, et de former une véritable masse liquide.

Il sera donc intéressant de rechercher aussi, d'abord, si le principe du système, c'est-à-dire la désagrégation du sol que doit traverser le pieu, ne pourrait pas trouver son application dans d'autres terrains et avec des moyens différents; et, ensuite, s'il ne serait pas possible de tirer, dans certaines circonstances, un parti utile de cette manière d'être, spéciale au sable fin mis en mouvement par un courant d'eau.

Il y a là un vaste champ d'expériences ouvert à tous les hommes d'étude.

Mais si modestes que soient les premiers résultats, ils nous ont paru mériter d'être portés à la connaissance des ingénieurs à cause de leur utilité pratique. Pour nous déjà

ils avaient une importance capitale, puisque les travaux d'amélioration du port de Calais comportent à eux seuls pour 350.000 francs de battages.

Pour faire comprendre l'importance du profit que l'on peut retirer de ce système, il suffira que nous citions les chiffres suivants obtenus à Calais.

Nos pieux avaient un équarrissage de $0^{m},22$ sur $0^{m},22$ et une fiche de 3 mètres; ils étaient espacés de 2 en 2 mètres.

Les palplanches avaient $2^{m},50$ de fiche; leur épaisseur avait dû être portée de 8 à 12 centimètres pour éviter de trop fréquentes ruptures.

Le mouton de notre sonnette pèse 600 kilog. et peut s'élever jusqu'à 2 mètres.

Avec l'ancien système (le système des sonnettes), il fallait en moyenne 185 coups de mouton pour battre un pieu, 900 coups pour battre un panneau.

La mise en fiche et le battage exigeaient de 5 heures 50 minutes à 14 heures 15 minutes, en moyenne 8 heures 36 minutes.

Avec le système nouveau (par injection d'eau), le nombre de coups de sonnette par panneau a varié de 0 à 50. Malgré nos moyens imparfaits, la mise en fiche et le battage d'un panneau n'ont plus exigé, en moyenne, que 1 heure 9 minutes; la durée a varié de 14 minutes à 1 heure 45 minutes; plusieurs panneaux n'ont demandé que 15 à 16 minutes. Avec un outillage approprié et un personnel un peu exercé, on arriverait certainement à généraliser ces résultats favorables.

On commençait en général le fonçage, en posant le mouton sur la palplanche, et en exerçant sur lui, au moyen de la sonnette, une pression qui doublait son poids; on terminait par quelques coups de mouton.

Outre la grande économie de temps et d'argent, le système par injection a encore l'avantage de faciliter beaucoup la mise en fiche, en permettant de préparer à l'avance, sur

0m,50 à 0m,60 de hauteur, la poche dans laquelle doit se loger le pieu, et de permettre, d'autre part, le fonçage de panneaux beaucoup plus étanches.

L'arrachage des palplanches et des pieux, déviés ou fendus, arrachage qui présentait avec l'ancien système des difficultés considérables, se fait avec la plus grande facilité dans le nouveau système.

Nous ajouterons enfin, à titre de renseignements, qu'un essai (encore unique) a prouvé que l'on pouvait enfoncer, même dans un terrain de sable assez fortement mêlé d'argile, un madrier de 5 mètres de longueur et de 0m,08 d'épaisseur, rien qu'en pressant sur lui au moyen de 2 palans mis en action par quatre hommes.

En terminant cette courte notice, nous tenons à constater, que, dans ces essais, nous avons été très-heureusement secondés par M. Delannoy, conducteur des ponts et chaussées à Calais, qui a conduit ces travaux avec beaucoup d'intelligence, et qui a largement contribué à en assurer les résultats.

Calais, le 24 août 1877.

N° 4

DEUX NOTES

SUR

DES EXPLOSIONS DE CHAUDIÈRES A VAPEUR.

1° Explosion dans l'usine métallurgique de Messempré (Ardennes) (*).

Le 18 avril 1877, pendant la nuit, un accident dont les conséquences ont été très-graves s'est produit dans l'usine métallurgique de Messempré, commune de Pure (Ardennes), exploitée par MM. Boutmy et Cie. L'un des bouilleurs d'un générateur chauffé par les flammes d'un four à souder s'est déchiré brusquement, laissant échapper des torrents d'eau bouillante et de vapeur qui ont horriblement brûlé dix ouvriers ; six de ces malheureux ont succombé depuis à leurs blessures.

Prévenu de cette catastrophe par télégramme, nous nous sommes rendu immédiatement à Messempré pour procéder aux constatations nécessaires à l'accomplissement de notre mission. Nous avons dû en outre effectuer différents essais ou expériences propres à nous éclairer sur les causes de cet accident.

Avant de relater les circonstances de l'explosion et d'en discuter les causes, nous décrirons la situation antérieure des lieux.

Description sommaire de l'usine.— L'usine métallurgique de Messempré est une usine à tôle. Elle comprend en tout

---

(*) Cette note est extraite d'un rapport présenté à la commission des machines à vapeur par M. Nivoit, ingénieur des mines, dans la séance du 20 juin 1877.

neuf chaudières à vapeur, qui sont installées sur cinq fours à puddler, deux fours à souder et quatre fours dormants. Six de ces chaudières, parmi lesquelles se trouve celle qui a fait explosion, sont presque constamment en marche, et actionnent deux machines et un marteau-pilon, de la force totale de 105 chevaux. Elles ont ensemble une surface de chauffe de 186 mètres carrés, soit $1^{mq},77$ par cheval, surface suffisante pour fournir la vapeur nécessaire.

Description de la chaudière. — Le générateur qui a fait explosion a été installé en 1862, de même que les autres appareils à vapeur de l'usine, et autorisé par un arrêté préfectoral du 24 septembre 1862. Il se composait d'un corps principal cylindrique de $6^{m},68$ de longueur sur 1 mètre de diamètre, de deux bouilleurs de $6^{m},55$ de longueur sur $0^{m},50$ de diamètre et d'un réservoir de vapeur de $0^{m},80$ de hauteur sur $0^{m},60$ de diamètre. Sa capacité intérieure était de $8^{mc},042$ et sa surface de chauffe de 31 mètres carrés. Ce générateur a été construit dans les ateliers de M. Mathieu-Germet, chaudronnier à Sedan, et éprouvé le 30 août 1861 pour une pression de 5 1/2 atmosphères.

Les appareils de sûreté, tous en très-bon état, consistaient en deux soupapes de sûreté, un manomètre métallique, un tube indicateur de niveau en verre, deux robinets de jauge et deux flotteurs, dont un avec sifflet d'alarme.

Le générateur était construit en tôle de 12 1/2 millimètres d'épaisseur pour le corps principal, et de 8 millimètres pour les bouilleurs. Le corps principal se composait de six panneaux cylindriques et de deux hémisphères, réunis par des lignes de rivets de 23 millimètres de diamètre, espacés de 60 millimètres d'axe en axe. Chacun des bouilleurs était composé de quatre panneaux de $1^{m},66$ de longueur, d'une calotte aplatie, en tôle, à une extrémité, et à l'autre extrémité d'un fond en fonte, auquel étaient adaptés les tuyaux de vidange et d'alimentation. Les deux bouilleurs

étaient réunis au corps principal par quatre jambettes, de $0^{m},30$ de diamètre sur $0^{m},30$ de hauteur.

Le générateur, placé immédiatement au-dessus du four à réchauffer, portait de chaque côté trois oreilles en fer, qui s'appuyaient sur des colonnes de fonte, de sorte que les bouilleurs étaient suspendus au corps principal par les jambettes.

Les feuilles de tôle étaient cintrées dans le sens du laminage, c'est-à-dire de la manière la plus favorable à la résistance.

Nature du métal. — La tôle a été fabriquée dans les usines d'Hayange (Alsace-Lorraine). Pour en apprécier la qualité, nous avons fait découper, dans le panneau déchiré, quatre bandes de 16 centimètres de longueur sur 1 1/2 de largeur, dont deux suivant le fil et deux en travers, et nous les avons fait essayer dans les ateliers de la Compagnie de l'Est, à Mohon.

Nous avons reconnu que cette tôle ne se rompt que sous un effort variant entre 31,71 et 33,77 kilogrammes par millimètre carré de la section, et que la rupture est précédée d'un allongement d'au moins 5 p. 100 suivant le fil et 1,25 p. 100 en travers.

Ces chiffres, pour un métal fatigué par un long usage, sont assurément très-satisfaisants. Au surplus, comme nous le verrons plus loin, la déformation qu'a subie la tôle avant de se déchirer et le petit nombre des fragments projetés indiquent un métal de bonne qualité.

Mode de chauffage.— Les flammes, au sortir du rampant du four à réchauffer, s'élevaient dans une cavité cylindrique, puis enveloppaient complétement le bouilleur est et la moitié correspondante de la partie inférieure du corps principal. Par un deuxième circuit, elles chauffaient l'autre partie de l'appareil, et se rendaient ensuite, par un conduit souterrain, dans une cheminée centrale commune à plusieurs fours.

Les carneaux avaient $0^m,70$ de largeur sur $1^m,35$ de hauteur, en sorte que la distance des bouilleurs aux parois n'était que de 10 centimètres. Il est même possible que cette distance se soit trouvée réduite en certains points, si l'on en juge par les carneaux d'un four voisin, où elle n'est plus que de 7 centimètres.

Alimentation. — L'alimentation des générateurs de l'usine est assurée par une pompe à double piston et par une pompe de secours. On alimente chaque chaudière en moyenne toutes les deux heures; l'opération dure de 10 à 15 minutes. L'eau est prise au condenseur.

Nettoyage et entretien. — Toutes les trois semaines, le travail de l'usine est suspendu pendant deux ou trois jours, et l'on profite de cette période de repos forcé pour visiter et nettoyer les chaudières, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Les carneaux sont réparés à peu près régulièrement tous les six mois.

La chaudière qui a éclaté n'a subi aucune réparation depuis 1862.

La conduite des machines et l'alimentation des chaudières sont confiées à deux machinistes, qui sont de service alternativement pendant douze heures. Tous deux sont expérimentés et soigneux. Il n'y a pas de surveillant de nuit.

Circonstances de l'explosion. — C'est dans la nuit du 17 au 18 avril, vers une heure et demie du matin, que l'accident se produisit. A ce moment les deux machines, auxquelles la chaudière en question contribue à fournir la vapeur, étaient arrêtées depuis près d'un quart d'heure; l'alimentation avait eu lieu quinze minutes auparavant. La pression indiquée par le manomètre était au plus 5 atmosphères, et les soupapes commençaient à laisser échapper légèrement la vapeur. La charge du four était à moitié terminée; la température avait donc atteint son maximum.

Tout à coup le bouilleur soumis le premier à l'action des flammes se déchira sur une longueur relativement faible,

deux fragments de tôle furent arrachés et projetés dans l'usine avec les briques et les armatures du massif, et par l'ouverture ainsi formée, il sortit des torrents d'eau bouillante et de vapeur qui atteignirent dix malheureux ouvriers placés près du four. Une des colonnes en fonte ayant été brisée, la chaudière s'inclina légèrement en s'appuyant sur le bouilleur déchiré.

Les 80 ouvriers de la forge s'enfuirent épouvantés. Les dix blessés eurent eux-mêmes la force de quitter le théâtre de la catastrophe; mais sept d'entre eux seulement purent regagner sans aide leur domicile; les trois autres furent transportés par leurs camarades dans des maisons voisines. Malgré les soins qui leur furent prodigués, six ouvriers succombèrent aux suites de leurs brûlures, qui étaient très-profondes, à cause de l'élévation de la température et de la légèreté de leurs vêtements. Les quatre autres sont hors de danger.

On voit qu'il n'y a pas eu d'explosion proprement dite, en ce sens que le générateur n'a pas été projeté et que le faible déplacement qu'il a éprouvé n'est dû qu'à la rupture de l'une des colonnes de soutien. Ainsi, si la chaudière eût été installée en dehors de la forge, les conséquences de l'accident eussent été assurément bien moins graves; mais il n'est pas toujours possible d'éviter cette disposition dans les usines métallurgiques, et, d'ailleurs, elle était autorisée par l'arrêté préfectoral du 24 septembre 1862.

État de la chaudière après l'explosion. — L'ouverture par laquelle se sont échappées l'eau et la vapeur est de forme triangulaire; elle n'a pas plus de $0^m,325$ de longueur sur $0^m,11$ de hauteur; elle est à environ $0^m,10$ de la clouure longitudinale et à $0^m,09$ de la deuxième clouure transversale.

Dans la région déchirée, le bouilleur était bombé d'une manière très-visible, ce qui indique un allongement préalable de la tôle; nous avons reconnu que le rayon d'une

section perpendiculaire à l'axe, passant à peu près par le milieu de la déchirure, avait augmenté d'environ 1 centimètre. Sur les bords de la déchirure, l'épaisseur du métal était réduite à 2 et même, en quelques points, à 1/2 millimètre. L'un des fragments de la tôle enlevée, qui a été retrouvé au milieu des briques, avait à peu près la même épaisseur.

Pour nous rendre compte de cet amincissement considérable, nous avons fait forer des trous sur une section du bouilleur, passant par le milieu de la déchirure, ainsi que le long d'une génératrice passant par le même point. Nous avons constaté qu'en quatre points de la section, l'épaisseur était respectivement de $3^{mm},5$ — 6^{mm} — $6^{mm},5$ et $5^{mm},5$, et qu'en 7 autres points pris le long de la génératrice, elle était :

1er panneau.	presque pas d'amincissement.
2e panneau.	n° 1, $4^{mm},4$ et $3^{mm},3$.
3e panneau.	n° 2, $3^{mm},3$.
	n° 3, $5^{mm},5$.
	n° 4, $6^{mm},00$.
	n° 5, $5^{mm},00$.
	n° 6, $2^{mm},25$.
4e panneau.	n° 7, $3^{mm},1$.

L'usure atteint également l'autre bouilleur et le corps principal, car deux trous forés, l'un dans le bouilleur, l'autre dans la chaudière, nous ont donné respectivement $6^{mm},3$ et $6^{mm},5$, tandis que les épaisseurs primitives étaient de 8 et $12^{mm},5$.

Nous avons reconnu qu'il en est de même pour toutes les chaudières de l'usine, dont la tôle est amincie dans des proportions plus ou moins fortes.

L'usure est donc parfaitement établie. Elle affecte toutes les parties léchées par les flammes; mais, en ce qui concerne le générateur qui nous occupe, elle est surtout considérable sur les panneaux chauffés le plus fortement, et le long d'une génératrice placée un peu au-dessus de la rivure longitudinale extérieure du bouilleur éclaté.

La surface extérieure de la tôle était très-nette, lavée qu'elle a été par une énorme quantité d'eau bouillante. En l'examinant attentivement, on remarque de petits sillons, peu profonds, légèrement sinueux, dirigés suivant les génératrices, qui paraissent développés surtout sur les morceaux arrachés. On observe en outre, à l'angle de l'un des fragments, un défaut de soudure qui a occasionné le dédoublement de la tôle; en ce point, il y a un très-léger boursouflement de la surface, qui affecte seulement la feuille extérieure. On voit enfin quelques taches rougeâtres, indices d'une oxydation superficielle.

A l'intérieur, les depôts incrustants étaient en partie enlevés, mais la surface était un peu rugueuse. Dans le voisinage de la déchirure, ces dépôts, qui n'ont pas ordinairement plus de 2 à 3 millimètres, pour une période de marche de trois semaines, atteignaient 6 millimètres.

Causes de l'explosion. — Nous possédons maintenant tous les éléments nécessaires pour rechercher la cause de l'explosion.

La chaudière ne devait pas manquer d'eau. Il résulte, en effet, de l'enquête qu'elle avait été alimentée un quart d'heure environ avant l'accident. Nous pouvons encore donner comme preuves de cette assertion, d'une part la grande quantité d'eau qui s'est répandue dans toute l'usine, d'autre part la position de la déchirure, qui se fût produite sur le corps principal, si l'eau s'était abaissée au-dessous du niveau réglementaire.

Il n'y avait pas d'excès de pression. Les témoignages qui ont été recueillis s'accordent, en effet, à reconnaître que le manomètre marquait moins de 5 atmosphères. Rien n'autorise d'ailleurs à supposer que le machiniste ait surchargé ses soupapes, car, dans toutes les vérifications qui ont été faites antérieurement, ces appareils ont été reconnus en parfait état.

On ne peut donc expliquer l'explosion ni par un manque

d'eau, ni par un excès de pression. La cause doit uniquement en être recherchée dans l'usure de la tôle, circonstance aggravée par une défectuosité locale.

Nous avons dit que, sur les bords de la déchirure, le métal était réduit en quelques points à 1 1/2 millimètre d'épaisseur. Il est probable que l'amincissement a été augmenté par l'allongement qu'a subi le métal avant de se rompre, et que l'épaisseur ne descendait guère au-dessous de 2 millimètres.

Admettons cependant ce chiffre de 1 1/2 millimètre ; supposons même que la pression se soit élevée à 5 1/2 atmosphères, maximum qu'elle atteignait à peine, puisque les soupapes laissaient échapper beaucoup de vapeur à 5 1/4 atmosphères. Dans ces conditions, on trouve par le calcul que la tôle travaille à $7^k,75$ par millimètre carré. Or les expériences que nous avons faites dans les ateliers de la compagnie de l'Est, à Mohon, montrent que cette tôle ne se rompait que sous une charge de 31 kilogrammes au moins.

L'usure de la tôle n'eût donc pas suffi à produire l'explosion. La cause déterminante est le dédoublement qu'a subi le métal en un point. Il est probable qu'en raison de cette division de la tôle en deux feuillets, peut-être aussi de la présence d'un dépôt incrustant assez épais, la transmission de la chaleur ne se faisait pas facilement de l'extérieur à l'intérieur, que la tôle a rougi et que, sa résistance se trouvant considérablement diminuée, elle a cédé en se déchirant suivant une génératrice à partir du point faible.

Il ne faut pas oublier que, dans les fours à réchauffer, il y a un tirage très-actif et que la température est très-élevée. La consommation de houille, au four n° 1, était de 150 kilogrammes par heure, ce qui correspond à près de 5 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe. Nous avons d'ailleurs mesuré cette température au point cor-

respondant à celui où s'est faite la déchirure, dans le carneau d'un four à souder de la forge voisine d'Osnes, exploitée aussi par MM. Boutmy et Cie, et nous avons trouvé 970°, chiffre qui est certainement au-dessous du chiffre réel, car, dans la méthode calorimétrique que nous avons appliquée, il y a toujours une perte notable de chaleur.

En conséquence, nous pensons que l'explosion doit être attribuée, comme cause primitive, à l'usure de la tôle; comme cause déterminante, à une défectuosité du métal.

Cause de l'usure de la tôle. — Il s'agit maintenant de rechercher comment s'est produite une usure aussi générale et relativement aussi rapide du métal.

Des corrosions ont pu se faire à l'intérieur et à l'extérieur. A l'intérieur, la tôle ne peut avoir été attaquée que par l'eau d'alimentation. Cette eau, qui provient de l'étang de l'usine, est de bonne qualité; elle titre en effet 12 degrés à l'hydrotimètre, ce qui correspond à peu près à une teneur de 12 centigrammes de sels terreux par litre. Nous nous sommes assuré en outre, par des essais qualitatifs, que ces sels sont constitués surtout par du carbonate de chaux, et qu'il y a seulement un peu d'acide sulfurique, de chlore et de magnésie.

L'attention a été appelée, dans ces derniers temps, sur les effets du chlorure de magnésium contenu dans les eaux d'alimentation. Ce sel, se décomposant sous l'influence de la chaleur, dégage de l'acide chlorhydrique susceptible d'attaquer le fer. Nous avons analysé, à cet effet, le dépôt incrustant qui s'est formé près de la déchirure. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Argile et sable	18,80
Oxyde de fer et alumine	5,20
Sulfate de chaux	14,91
Carbonate de chaux	56,80
Carbonate de magnésie	2,42
Chlore	0,30
Matières non dosées et perte	1,57
	100,00

L'état de combinaison du chlore est difficile à déterminer; toutefois nous pouvons dire que le chlore n'est pas combiné au fer, car la dissolution que l'on obtient en épurant la matière par l'eau chaude ne donne pas les réactions de ce métal. Il est vrai que le chlorure de fer, s'il se formait, se dissoudrait dans l'eau de la chaudière en grande partie.

D'un autre côté, nous n'avons observé, sur la surface intérieure du bouilleur, aucune de ces vermiculures, de ces cavités arrondies, etc., qui sont généralement la conséquence des corrosions internes.

Le marteau à pointe que l'on emploie pour détacher les incrustations a peut-être légèrement entamé le métal; mais c'est une cause d'usure en tout cas peu importante.

Examinons maintenant la surface extérieure du bouilleur. On se rappelle que cette surface, parfaitement nettoyée après l'explosion, présentait des traces évidentes de corrosion. Pour découvrir à quel agent doit être attribuée cette corrosion, nous avons examiné avec soin les chaudières des fours voisins, que l'on a mises à nu à la suite de l'accident.

Nous avons reconnu que toutes les chaudières sont couvertes, dans les parties soumises à l'action des flammes ou des gaz chauds, d'une suie noire ou de plaques blanchâtres ou verdâtres adhérentes au métal. Ces matières sont distribuées assez irrégulièrement; cependant on peut dire d'une manière générale que la substance blanche domine dans les parties les plus chauffées, et la suie dans celles qui s'éloignent du foyer. Ces matières ont une saveur acide ou astringente très-prononcée. En les délayant avec de l'eau, on obtient un liquide verdâtre, qui rougit fortement la teinture de tournesol; une plaque de zinc, plongée dans ce liquide, est attaquée lentement, et sa surface ne tarde pas à se couvrir de nombreuses bulles d'hydrogène qui se dégagent peu à peu.

Quatre échantillons, que nous avons recueillis, ont été

examinés au laboratoire départemental de chimie de Mézières. Voici les résultats de ces essais :

	1)	2)	3)	4)
Acide sulfurique.	10,67	21,33	21,25	34,40 p. 100.
Oxyde de fer et alumine. .	4,45	16,80	18,10	26,50 p. 100.

1) Cendres blanches, légèrement grisâtres, onctueuses, douces au toucher, recueillies sur le côté du bouilleur du four à puddler n° 2, à 3 mètres du coup de feu ;

2) Suie noire, sèche, pulvérulente, tachant fortement les doigts ; sur le même bouilleur, un peu plus loin du coup de feu ;

3) Boue noire, un peu huileuse, recueillie sur le bouilleur du four à puddler n° 3, vers le milieu ;

4) Suie noire, humide, huileuse, avec parties jaune verdâtre, prise sur la chaudière du four à souder n° 2, à 3m,50 du coup de feu.

On remarquera que, dans ces substances, l'oxyde de fer et l'alumine ne sont pas en proportion suffisante pour former avec l'acide sulfurique des sulfates neutres ; elles contiennent donc de l'acide sulfurique libre, ou au moins des sulfates acides susceptibles d'attaquer le fer.

Dès lors l'usure extérieure de la tôle s'explique très-facilement. Les pyrites de fer contenues dans la houille donnent, par la combustion, de l'acide sulfureux, qui se mêle intimement à la suie déposée sur les parois des bouilleurs et de la chaudière. Dans les périodes d'arrêt, ce mélange attire l'humidité de l'air et l'attaque commence, soit que l'acide sulfureux se transforme préalablement en acide sulfurique, soit qu'il se combine directement au fer pour donner lieu ensuite à un sulfate. La différence d'aspect des matières qui recouvrent les surfaces chauffées provient de ce que les particules charbonneuses de la suie ont brûlé, en certains points, sous l'action des gaz oxydants. Si l'action corrosive s'est exercée principalement sur le

côté extrême du bouilleur, cela tient sans doute à ce que la suie s'accumulait en plus grande quantité dans cette région, qui est d'un accès difficile et qui était nettoyée moins soigneusement.

Le séjour de suies acides sur les tôles des générateurs présente donc de graves dangers. Nous avons, dans notre service, de nombreux exemples de chaudières, et surtout de bouilleurs, qui ont été mis rapidement hors de service par ce fait; pour la plupart, heureusement, on s'en est aperçu à temps pour les remplacer.

Cette cause de dépérissement des chaudières a déjà été signalée (*Annales des mines*, 7e série, t. IX, p. 463, et *Annales des ponts et chaussées* 1876, 2e sem. p. 293); cependant elle est peu connue. Ce qui fait qu'elle échappe presque toujours à l'attention et qu'on ne lui donne pas l'importance qu'elle mérite, c'est que les générateurs sont trop rarement visités à l'extérieur. D'abord cette visite ne peut être réellement faite avec fruit qu'après démolition d'une partie du massif, dépense devant laquelle reculent bien des industriels; de plus, la suie est assez adhérente, elle ne se détache pas complétement par le frottement, et les ramonages ordinaires laissent à la surface un enduit mince qui suffit à masquer les traces de corrosion. Quant aux appareils éclatés, ils sont généralement nettoyés par l'eau chaude sur leur surface extérieure, en sorte que, quand il y a usure, la cause précise échappe, et que l'on se contente de les noter comme affaiblis par l'usage.

L'accident de Messempré montre une fois de plus que les épreuves à la pompe de pression n'offrent pas une garantie suffisante de solidité pour les chaudières en service, et combien il est important de procéder à des visites fréquentes et minutieuses de ces appareils, dans toutes leurs parties. Il ne faut pas hésiter notamment à démolir au besoin une partie du fourneau pour permettre d'examiner la surface, que l'on mettra complétement à nu par des lavages.

Dans certains cas, il sera même nécessaire d'employer la potasse pour obtenir un nettoyage complet. Un coup de marteau sur une surface convexe renseignera mieux d'ailleurs sur les diminutions d'épaisseur de la tôle, que s'il est appliqué à l'intérieur.

Enfin, il faut avoir soin de ne pas laisser séjourner la suie sur les chaudières. Cette matière varie nécessairement de composition suivant la nature du combustible brûlé; cependant elle doit souvent contenir de l'acide sulfurique, car presque toutes les houilles sont plus ou moins pyriteuses. C'est une question que nous nous proposons d'étudier en détail; pour l'usine de Messempré en particulier, nous nous contenterons de dire que la houille employée, qui provient du bassin de Liége, ne nous a pas paru plus sulfureuse que la généralité des houilles consommés dans le département.

Les chaudières installés sur les fours métallurgiques subissent naturellement l'action corrosive de la suie à un degré plus élevé que les chaudières ordinaires. A surface de chauffe égale, et dans un temps donné, ces premières consomment en effet une plus grande quantité de combustible; peut-être aussi l'acide sulfureux produit par la combustion du soufre des fontes ou des fours s'ajoute-t-il à celui qui est formé par les pyrites de la houille.

AVIS DE LA COMMISSION DES MACHINES A VAPEUR.

Le rapport présenté à la Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 20 juin 1877, par M. l'ingénieur en chef Luuyt, se termine par les observations suivantes :

« M. Nivoit a constaté que l'usure de la tôle ne saurait être attribuée à l'eau d'alimentation qui est de bonne qualité; la surface extérieure du bouilleur, parfaitement nettoyée par les projections d'eau, présente des corrosions où

l'on distingue des sillons peu profonds et légèrement sinueux; l'examen des chaudières voisines, mises à nu à la suite de l'accident, les a montrées recouvertes d'une suie noire ou de plaques blanchâtres ou verdâtres. Ces dépôts, analysés par M. Nivoit, contiennent de 11 à 34 p. 100 d'acide sulfurique, 4 à 26 p. 100 d'oxyde de fer et d'alumine; ils renferment donc de l'acide sulfurique libre ou des sels très-acides pouvant attaquer le fer, et il n'est pas douteux que l'usure de la tôle ne soit due à leur présence. Les suies acides déposées dans des endroits peu accessibles y ont séjourné longtemps; leur action funeste eût été évitée si l'on avait ramoné et nettoyé avec soin toutes les parois de la chaudière.

« Depuis longtemps on aurait reconnu l'usure des bouilleurs si on les avait visités comme il eût été prudent de le faire. Une chaudière neuve peut inspirer toute confiance pendant les premiers temps de son service; mais on sait qu'elle ne se conserve pas indéfiniment en bon état, il est donc essentiel de la visiter sérieusement, et d'autant plus souvent que le nombre des années de service augmente. Il semble superflu de dire qu'une chaudière succombera toujours après un temps suffisamment long et que cette fin peut ne pas être annoncée par des défauts sans danger, mais au contraire se manifester par un accident grave; cependant beaucoup d'industriels agissent comme si cette vérité leur était inconnue. On ne saurait trop la mettre en évidence en recommandant la visite complète des chaudières. Si on les surveille avec soin, si l'on change les parties affaiblies, si on les éprouve après les réparations, on les conserve jusqu'à ce que cet entretien devienne difficile et que l'on soit conduit à les remplacer totalement; en agissant ainsi, on n'aura pas à redouter d'accident provenant du manque de solidité de l'appareil. »

La Commission centrale, sur la proposition du rapporteur, a émis l'avis suivant :

« L'explosion de la chaudière de Messempré est due à l'usure progressive du métal causée par des dépôts de suies acides provenant de la combustion de houilles sulfureuses. Cette altération aurait été révélée par des visites périodiques de la chaudière en service depuis près de quinze ans. Ce défaut de précaution, qui se révèle de temps en temps par des accidents, est très-fréquent. Afin d'appeler l'attention des industriels sur l'action des produits sulfureux de la houille brûlée sous les chaudières à vapeur, ainsi que sur la nécessité de visites fréquentes qui fassent connaître exactement l'état de conservation des chaudières, la Commission propose l'insertion du rapport de M. Nivoit dans les *Annales des mines* et dans les *Annales des ponts et chaussées.* »

2° Explosion dans une filature à Bar-le-Duc (*).

Le 29 juillet 1876, un accident, qui n'a causé heureusement que des dégâts matériels insignifiants, s'est produit dans la filature de coton de MM. Bompard et C[ie] à Bar-le-Duc (Meuse).

Un des bouilleurs d'un générateur s'est ouvert et a laissé échapper un jet d'eau bouillante qui a démoli une faible partie du fourneau et projeté à l'avant la houille du foyer.

Cette chaudière se composait d'un corps cylindrique de 8 mètres de longueur et de 1 mètre de diamètre et de trois bouilleurs réchauffeurs cylindriques superposés latéralement, et ayant chacun $8^{m},65$ de longueur et $0^{m},60$ de

(*) Cette note est extraite d'un rapport présenté à la Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 10 octobre 1877, par M. l'ingénieur en chef des mines Luuyt. La Commission a émis l'avis que l'accident était dû à la corrosion du métal par la condensation des fumées acides, et qu'il y avait lieu de la signaler dans les *Annales des mines*, afin d'appeler l'attention des industriels sur les corrosions extérieures des chaudières et sur la nécessité de fréquentes inspections destinées à les reconnaître.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. — Recettes de l'exploi

(PREMIER SEMEST

N° 5

Extraits des documents publiés le par

NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR TOTALE exploitée au 30 juin.			LONGUEUR MOYENNE exploitée pendant le 1·		
	1869	1876	1877	1869	1876	1
					ANC	
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	ki
Nord	1.066	(a) 1.249	1.310	1.066	(a) 1.216	
Est	977	(b) 533	(b) 533	977	(b) 533	(b)
Ouest	960	900	900	900	900	
Paris à Orléans	2.017	2.017	2.017	2.017	2.017	
Paris-Lyon-Méditerranée	3.611	(c) 3.977	(c) 3.986	3.571	(c) 3.917	(c)
Midi	796	796	796	796	796	
Ceinture de Paris (rive droite)	20	(d) 20	(d) 20	20	(d) 20	(d)
Totaux et moyennes	9.387	9.492	9.562	9.349	9.399	
					NOUVE	
Nord	368	559	559	362	547	
Est	1.761	1.722	1.722	1.719	1.722	
Ouest	1.316	1.649	1.699	1.315	1.649	
Paris à Orléans	1.714	2.242	2.242	1.696	2.242	
Paris-Lyon-Méditerranée	419	1.172	(b) 1.246	395	(b) 1.123	(b)
Midi	949	1.235	1.271	927	1.235	
Totaux et moyennes	6.527	8.579	8.739	6.414	8.518	
					RÉSE.	
P.-L.-M. (le Rhône au mont Cenis)	116	143	144	116	(e) 131	(e)
					COMPAGNI	
Armentières à la frontière belge	»	3	3	»	3	
Bondy à Aulnay-lès-Bondy	»	8	8	»	8	
Bressuire à Poitiers	»	12	12	»	(f) »	(f)
Charentes	132	500	500	125	500	
Chauny à Saint-Gobain	15	15	15	15	15	
Dombes et Sud-Est	58	131	(g) 175	58	123	(g)
Dunkerque à la frontière belge	»	15	15	»	15	
Enghien à Montmorency	3	3	3	3	3	
Epinac à Velars	27	2[illegible]	27	27	27	
Hazebrouck à la frontière belge	»	14	14	»	14	
Lille à Béthune et à Bully-Grenay	45	50	50	44	(h) 42	(h)
Lille à Valenciennes et ses extensions. Lille à Valenciennes	»	63	63	»	63	
Lille à Valenciennes et ses extensions. Lérouville à Sedan	»	108	141	»	104	
Médoc (Bordeaux-Verdon)	24	100	100	22	100	
Nord-Est	»	135	172	»	124	
Orléans à Châlons-sur-Marne	»	293	293	»	293	
Perpignan à Prades	22	26	40	22	26	
Rhône (la Croix-Rousse à Sathonay)	7	7	7	7	7	
Seine-et-Marne (Lagny-Villeneuve-le-Comte et prolongement) (i)	»	15	15	»	15	
Somain à Anzin et à la frontière belge	19	37	37	19	37	
Vassy à Saint-Dizier	22	22	22	22	22	
Vendée	36	247	247	36	247	
Vitré à Fougères	37	81	81	37	81	
Totaux et moyennes	440	1.912	(j) 2.033	430	1.869	(j) 1.
					RÉCAPIT	
Ancien réseau	9.387	9.492	9.562	9.347	9.399	9.
Nouveau réseau	6.527	8.579	8.739	6.414	8.518	8.
Réseau spécial	116	143	144	116	131	
Compagnies diverses	440	1.912	2.033	430	1.869	1.
Ensemble	6.470	(l) 20.126	(k) 20.478	16.316	19.917	20.

(*) Les différences sont affectées du signe + lorsque l'année 1876 a donné des résultats plus élevés que le

[...] chemins de fer français d'intérêt général.

[...] 1877, 1876 et 1869).

[...] Statistique centrale des chemins de fer.

[R]ECETTES totales du 1er semestre. 1877	DIFFÉRENCES des recettes totales. 1877 / 1869	DIFFÉRENCES des recettes totales. 1877 / 1876	PAR KILOMÈTRE. RECETTES totales du 1er semestre. 1877.	PAR KILOMÈTRE. DIFFÉRENCES totales. 1877 / 1869	PAR KILOMÈTRE. DIFFÉRENCES totales. 1877 / 1876	PAR KILOMÈTRE. DIFFÉRENCES pour 100. 1877 / 1869	PAR KILOMÈTRE. DIFFÉRENCES pour 100. 1877 / 1876
ÉSEAU.							
francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.		
[illegible]	+ 9.707.132	— 2.665.169	37.565	+ 1.015	— 4.663	+ 2,82	— 11,04
[illegible]	— 9.220.920	— 227.596	36.625	+ 7.357	— 427	+ 24,94	— 1,15
[illegible]	+ 4.567.045	— 574.134	35.863	+ 5.074	— 638	+ 16,68	— 1,75
[illegible]	+ 6.094 377	— 1.202.978	23.794	+ 3.021	— 596	+ 11,94	— 2,44
[illegible]	+ 26.169 076	— 137.647	31.614	+ 3.828	— 592	+ 13,02	— 1,84
[illegible]	+ 7.093.508	+ 1.095.912	29.053	+ 8.911	+ 1,376	+ 44,03	+ 4,97
[illegible]	+ 699.346	— 67.582	122.793	+ 34.968	— 3 379	+ 40,12	— 2,68
[illegible]	+ 45.109.564	— 3.779.824	31.427	+ 4.724	— 901	+ 15,21	— 2,79
ÉSEAU.							
[illegible]	+ 1.921.800	— 207.843	10.823	— 524	— 618	— 4,61	— 5,40
[illegible]	+ 2.997.745	— 470.215	14.602	+ 1.719	— 273	+ 13,17	— 1,84
[illegible]	+ 3.633 218	+ 366.628	9.286	+ 40	— 59	+ 0,43	— 0,63
[illegible]	+ 6.786 981	— 181.236	8.923	+ 1.129	— 81	+ 14.48	— 0,90
[illegible]	+ 4.714.577	— 486.522	6.377	— 1.458	— 1.103	— 18,69	— 14,75
[illegible]	+ 4.485.290	+ 17.176	7.499	+ 2.115	— 168	+ 38,66	— 2,79
[illegible]	+ 24.542.611	— 962.012	9.668	+ 336	— 351	+ 3,60	— 3,50
PÉCIAL.							
[illegible]	+ 1.755.893	+ 32.506	20.258	+ 12,332	+ 93	+ 155,91	+ 0,46
IVERSES.							
14.799	+ 14.799	— 3.301	4.933	»	— 1.100	»	— 18,23
18.948	+ 18.948	+ 7.052	2.369	»	+ 882	»	+ 59,31
»	»	»	»	»	»	»	»
[illegible]	+ 1.949.554	— 265.222	5.684	— 1.448	— 531	— 20,31	— 8,54
[illegible]	+ 967	— 4.022	6.710	+ 65	— 268	+ 0,97	— 3,84
[illegible]	+ 622.230	+ 204.785	5.786	+ 1.295	+ 253	+ 28,59	+ 4,57
[illegible]	+ 82.830	+ 8.214	5.522	»	+ 548	»	+ 11,02
[illegible]	+ 9.391	— 30.573	22.548	+ 2.930	— 10.191	+ 14,93	— 31,13
[illegible]	— 60.634	+ 16 691	4.538	— 2.134	+ 730	— 32,01	+ 19,17
[illegible]	+ 33.623	+ 2.285	2.402	»	+ 164	»	+ 7,33
[illegible]	+ 148.319	— 12.765	9.183	+ 4.279	+ 134	+ 66,03	+ 1,48
[illegible]	+ 635.447	+ 173.641	10.086	»	+ 2.756	»	+ 37,60
[illegible]	+ 391.009	+ 161.165	2.773	»	+ 467	»	+ 20,25
[illegible]	+ 351.472	+ 7.022	4.224	+ 998	+ 70	+ 30,95	+ 1,69
[illegible]	+ 674.276	+ 216.570	3.920	»	+ 229	»	+ 6,20
[illegible]	+ 820.758	— 9.975	2.801	»	— 34	»	— 1,20
[illegible]	+ 194.466	+ 96.500	6.196	+ 3.770	+ 376	+ 155.47	+ 6,46
[illegible]	+ 15.560	+ 2.455	13.876	+ 2.223	+ 351	+ 19,08	+ 2,60
[illegible]	+ 30.514	+ 2.479	2.034	»	+ 165	»	+ 8,83
[illegible]	+ 773.840	— 97.214	32.892	+ 9.568	— 2.627	+ 41,11	— 7,40
[illegible]	+ 48.745	— 17.985	4.813	+ 2.195	— 818	+ 85,25	— 14,53
[illegible]	+ 866.515	— 51.822	3.833	+ 1.603	— 210	+ 71,89	— 5,19
[illegible]	+ 140.316	+ 20.290	2.926	+ 312	+ 250	+ 12,26	+ 9,34
[illegible]	+ 7.728.655	+ 419.270	5.210	— 969	— 110	— 15,65	— 2,07
ATION.							
[illegible]	+ 45.109.564	— 3.779.824	31.427	+ 4.149	— 901	+ 15,21	— 2,79
[illegible]	+ 24.542.611	— 902.012	9.668	+ 336	— 351	+ 3,60	— 3,50
[illegible]	+ 1.755.813	+ 32.506	20.258	+ 12,332	+ 93	+ 155.91	+ 0,46
[illegible]	+ 7.728.655	+ 419.270	5.210	— 969	— 110	— 15,65	— 2,07
[illegible]	+ 79.136.643	— 4.290.060	19.487	— 34	— 685	— 0,19	— 3,40

[...] précédentes ; elles sont affectées du signe — dans le cas contraire.

OBSERVATIONS.

(*a*) Non compris 2 kilomètres pour la section de la gare d'eau de Saint-Ouen au chemin de ceinture (R. D.).

(*b*) La section d'Is-sur-Tille à Vaux-sous-Aubigny (21 kilom.), appartenant à la compagnie de l'Est, est exploitée par la compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée jusqu'à la mise en exploitation de la ligne entière de Dijon à Gray.

(*c*) Y compris 15 kilomètres, sur le territoire suisse, de la frontière à Genève, et 33 kilomètres pour la ligne de Bességes à Alais.

(*d*) Y compris 3 kilomètres pour l'embranchement du marché aux bestiaux de la Villette, appartenant à la Ville de Paris.

(*e*) Non compris la section de Modane à la frontière d'Italie (12 kilom.).

(*f*) La section de Neuville-de-Poitou au Grand-Pont (12 kilom.), est exploitée provisoirement par la compagnie de la Vendée comme tête de ligne du chemin d'intérêt local de Poitiers à Saumur.

(*g*) Y compris 7 kilomètres de parcours commun avec la compagnie du Rhône.

(*h*) Non compris la section de Violaines à Bully-Grenay (10 kilom.), exploitée par la compagnie des mines de Béthune, à partir du 10 février 1876.

(*i*) Chemin à voie étroite.

(*j*) Non compris les sections de Vireux à la frontière (2 kilom.) de Lyon à la Croix-Rousse (1 kilom.), dont les produits ne figurent pas dans le présent tableau et déduction faite du parcours commun. (Voir note *g*.)

(*k*) Les sections ouvertes du 1er juillet 1876 au 30 juin 1877 ont une étendue de 350 kilomètres, savoir :

1° ANCIEN RÉSEAU.

		kil.
Nord. — Cambray au Quesnoy, le 10 août 1876.	32	59
— La Madeleine à Pérenchies, le 1er novembre 1876.	2	
— Abandon de la section de Lille à Pérenchies, le 1er nov. 1876.	—4	
— Docks de Saint-Ouen à la plaine Saint-Denis, le 8 janv. 1877.	3	
— Épinay à Monsoult, le 5 avril 1877.	11	
— Monsoult à Beaumont, le 5 avril 1877.	15	
Paris-Lyon-Méd. — Hyères (ville) aux Salins, le 10 juillet 1876.		9
Total pour l'ancien réseau.		68

2° NOUVEAU RÉSEAU.

		kil.
Ouest. — Motteville à Clères, le 1er juillet 1876.	20	50
— Sablé à Château-Gontier, le 25 décembre 1876.	30	
Paris-Lyon-Méd. — Peyruis à Digne, le 27 novembre 1876.	22	74
— Grenoble à Vif, le 11 décembre 1876.	20	
— Cavaillon à Apt, le 1er février 1877.	32	

		kil.
Report.		124
Midi. — Carcassonne à Limoux, le 15 juillet 1876.	26	
— Roujan-Neffiès à Gabian, le 15 décembre 1876.	4	36
— Gabian à Fougères, en avril 1877.	6	
Total pour le nouveau réseau.		160

3° RÉSEAU SPÉCIAL.

Le Rhône au mont Cenis. — Rectification de Chamousset : Différence entre la longueur de la nouvelle section et celle de la partie abandonnée le 18 décembre 1876.		1

4° COMPAGNIES DIVERSES.

Dombes et Sud-Est. — Section de Bourg à Cize-Bolozon, reportée aux chemins d'intérêt général par décret du 25 mars 1877.	26	37
— Cise-Bolozon à la Cluze, 29 mars 1877.	11	
Lille à Valenciennes et ses extensions. — Stenay à Pont-Maugis (Sedan), le 12 août 1876.		33
Nord-Est. — Dunkerque à Calais, le 10 août 1876.		37
Perpignan à Prades. — Boule-Ternère à Prades, le 3 janvier 1877.		14
Total pour les compagnies diverses.		121
Ensemble.		350
Longueur totale exploitée au 30 juin 1876.		20.151
Longueur totale exploitée au 30 juin 1877.		20.481
A déduire : longueur des lignes qui ne figurent pas au présent tableau (voir note *j*).		3
Reste égal au total ci-contre (*).		20.478
(*l*) Longueur totale exploitée au 30 juin 1876.		20.131
A déduire : longueur des lignes qui ne figurent pas dans le présent tableau (voir notes *a* et *j*).		5
Reste égal au total ci-contre (*).		20.126

(*m*) Déduction faite des détaxes et non compris les impôts sur les transports qui s'élèvent aux chiffres suivants :

	1877	1876
Grande vitesse.	31.924.139 fr.	31.401.694 fr.
Petite vitesse.	10.655.398	11.129.654
Ensemble.	42.579.537 fr.	42.531.348 fr.

NOTA. — *Les comptes du 2e trimestre de 1877 n'étant pas encore définitivement arrêtés, les chiffres qui se rapportent à cette période peuvent être susceptibles de quelques modifications.*

(*) Y compris 15 kilomètres, sur le territoire suisse (voir note *c*), et 3 kilomètres pour l'embranchement du marché aux bestiaux (voir note *d*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

CHRONIQUE.

Janvier 1878.

N° 6

Le pont du Douro. — Le 4 novembre dernier, la compagnie du chemin de fer du Nord du Portugal livrait au public une section de 4 kilomètres environ qui transportait à Campanha, à côté de Oporto, l'extrémité de la ligne qui, jusque-là, se terminait à Villanova de Gaia. Cette section comprend un beau travail d'art, le pont sur le Douro, sur lequel nous avons pu recueillir, dans divers journaux français et étrangers, les renseignements suivants.

Ce pont devait traverser le Douro en un point où sa largeur est de 140 mètres, et sa profondeur de 18 mètres : le lit est constitué par du sable et de la vase sur une épaisseur variant de 15 à 36 mètres. La rivière est sujette en outre à des crues considérables et rapides qui élèvent quelquefois le niveau des eaux de 12 à 13 mètres en 24 heures. Enfin la voie ferrée arrivait sur la colline à une hauteur de 60 mètres au-dessus du niveau des basses eaux, et à cette hauteur la distance à franchir était de 350 mètres. La construction d'un viaduc, dans ces conditions, présentait de sérieuses difficultés; la question fut mise au concours : quatre maisons, trois françaises et une anglaise, présentèrent des projets. La solution proposée par MM. G. Eiffel et Ce, de Paris, fut adoptée : les travaux furent commencés presque aussitôt, et la construction terminée le 28 octobre dernier; la ligne fut inaugurée quelques jours après.

D'après les conditions du fond, il ne fallait pas songer à établir une pile en rivière, et le pont devait traverser le Douro par une seule travée. Cette travée est constituée par un arc en fer de 160 mètres d'ouverture (dépassant un peu la travée centrale du

PONT SUR LE DOURO (échelle de 0m,0004 pour 1 mètre).

pont de Saint-Louis); la flèche mesurée jusqu'aux naissances est de 39m,67. Au droit des naissances s'élèvent deux piles en fer qui reposent sur les piles en maçonnerie servant de culées pour les retombées de l'arc : deux autres piles partagent du côté de Serra l'espace qui le sépare de la culée. Ces piles ont respectivement pour hauteur au-dessus-des maçonneries, en partant de l'axe : 42m,935; 29,00 et 15,00; du côté de Porto, une seule pile est intercalée, sa hauteur est de 36 mètres; les distances de ces piles, d'axe en axe, varient de 29 à 37 mètres.

Les tabliers des parties latérales du pont sont constitués par des poutres continues en treillis solidement contreventées.

Comme l'arc que nous allons décrire spécialement ne présente pas de tympan, la poutre se continue au delà des piles centrales jusqu'à venir rencontrer l'extrados de l'arc à une distance de 57m,50; à partir de ce point et sur une longueur de 52m,50, le tablier suit l'arc, et, au centre sur une certaine longueur, la voie repose sur l'arc même; de l'autre côté de l'axe, on retrouve la même disposition. Cette portée de 57m,50 au-dessus de l'arc est soutenue en son milieu par une pile qui s'appuie à sa base sur les reins de l'arc.

Les piles sont constituées par 4 arbalétriers en fer convergeant vers l'extrémité supérieure : les piles centrales, dont la hauteur de la partie métallique est de 42 mètres, mesurent à la base 11 mètres sur 4m,80 et au sommet 3m,065 sur 3m,010.

L'arche centrale, dont nous avons donné les dimensions principales, a la forme d'un croissant constitué par des paraboles se coupant aux naissances et ayant au sommet une hauteur de 10 mètres. Elle est constituée par deux fermes reposant sur les culées par des charnières et libres ainsi d'obéir aux variations produites par des changements de température. Ces deux fermes ne sont pas placées dans des plans verticaux; mais elles se rapprochent au sommet : en ce point, en effet, leur écartement n'est que de 4 mètres tandis qu'il est de 15 mètres aux naissances. Cette disposition a pour effet de résister énergiquement à l'action du vent qui est très-violent dans cette vallée. Ces deux fermes sont d'ailleurs solidement contreventées.

Le montage de l'arche a présenté de grandes difficultés par suite de l'impossibilité où l'on se trouvait d'établir aucun échafaudage dans la traversée du Douro : les poutres droites latérales ayant été posées jusqu'aux piles centrales et prolongées au delà, en porte-à-faux, servirent à descendre et mettre en place les diverses pièces de l'arc : des câbles d'acier attachés aux culées

traversaient, au niveau du tablier, la rivière et servaient à faire circuler des chariots de levage qui permettaient d'amener successivement à leur place les différentes parties de l'arc. A mesure que celui-ci s'élevait, on le réunissait par d'autres câbles aux piles voisines. Les deux moitiés construites simultanément se réunirent à la clef avec une précision absolue.

Le poids du pont est de 1.000.000 kilogrammes, et celui de l'arc de 640.000 kilogrammes. La construction a été faite en vingt mois; le prix, qui avait été fixé d'abord à 950.000 francs, fut porté à 1.200.000 à la suite de diverses modifications au projet primitif.

Détermination de la quantité de vase contenue dans les eaux courantes. — M. Bouquet de la Grye, ingénieur hydrographe, a fait connaître à l'Académie des sciences (29 octobre 1877) les procédés rapides qu'il a employés pour déterminer la quantité de vase contenue dans les eaux courantes. Ces procédés ont été mis en pratique sur une grande échelle lors d'une mission que cet ingénieur avait reçue dans le but de rechercher s'il était possible de créer un grand port à la Rochelle.

Les procédés habituels d'analyse des eaux vaseuses étaient inapplicables à bord d'un petit bâtiment ou d'une chaloupe; ils sont, d'autre part, trop longs. M. Bouquet de la Grye a imaginé la méthode suivante basée sur l'emploi d'un appareil auquel il a donné le nom de pélomètre (de πῆλος, vase). Cet appareil consiste en un récipient en forme de V dont les faces rectangulaires, inclinées au dixième, sont formées de glaces peu épaisses; les côtés sont en cuivre ou en fer-blanc. Une division en centimètres part de la jonction inférieure des faces.

En remplissant le pélomètre, tenu vertical, avec l'eau à analyser, les couches horizontales croissant en épaisseur de bas en haut, on peut par comparaison avec des témoins titrés d'avance et renfermés dans des tubes fermés par des glaces, avoir immédiatement autant de lectures d'épaisseur que l'on a de témoins. Une table construite d'avance permet de convertir ces lectures en titrages exprimés en vase sèche par litre.

M. Bouquet de la Grye a également employé, à la place de tubes témoins, un fragment de porcelaine ou de papier blanc sur lequel étaient tracés deux traits noirs de 2 millimètres de largeur, séparés par un intervalle de 1 millimètre. On faisait glisser ce viseur de bas en haut, et l'on notait en le regardant horizontalement l'épaisseur correspondant à la disparition du trait blanc : une table donnait le poids de la vase. Dans ce dernier mode, la lumière traverse

deux fois la couche liquide : l'approximation peut atteindre de 2 à 5 milligrammes suivant la teneur.

Lorsque l'eau est très-peu chargée de matière, le pélomètre ne peut servir : on peut, dans ce cas, employer une éprouvette divisée munie d'un robinet à sa partie inférieure. Le viseur est placé au fond et l'on fait écouler l'eau lentement jusqu'au moment où le trait blanc devient apparent.

Indépendamment de l'intérêt qui s'attache à ces procédés pratiques, il est intéressant de signaler les résultats suivants obtenus à la Rochelle. M. Bouquet de la Grye a reconnu que, suivant les profondeurs, la quantité de vase varie du simple au décuple : par gros temps, un véritable fleuve de boue marche sur le fond de la mer. Il a, dès lors, été possible de déterminer une limite inférieure pour la cote des radiers des ouvertures amenant l'eau dans les bassins de chasse, au moins pour cette région.

Le téléphone. — Bien que l'appareil désigné sous le nom de *téléphone* soit étranger en principe aux questions qui intéressent l'ingénieur, il n'a pas paru sans intérêt d'en donner une description sommaire dans les *Annales*. D'ailleurs les applications de ce remarquable instrument sont jusqu'à présent à peine entrevues, et bien que le téléphone ne soit pas encore réellement entré dans la pratique, on peut prévoir qu'il est appelé à rendre des services considérables dans un grand nombre de cas.

Quelle que soit la cause réelle du magnétisme, on sait que dans un aimant l'action magnétique est distribuée d'une manière qui a été étudiée expérimentalement par Coulomb. On a constaté d'ailleurs que cette distribution pour un même aimant est loin d'être invariable, lorsque l'on change les conditions dans lesquelles il se trouve : non-seulement l'approche d'un aimant mais celle d'un morceau de fer doux, mais même le retournement bout pour bout dans le plan du méridien magnétique, suffisent pour faire varier cette distribution. Pour abréger, nous dirons que ces diverses actions déplacent le pôle de l'aimant.

Si donc, devant un aimant, on fait vibrer une plaque de fer doux, à chaque oscillation du fer doux le pôle de l'aimant se déplacera dans un sens ou dans l'autre : ce pôle vibrera en suivant les oscillations de la plaque.

On sait, d'autre part, que lorsqu'une bobine de fils conducteurs isolés faisant partie d'un circuit métallique entoure un aimant, toute variation dans l'intensité ou la distribution du magnétisme

fait naître dans le circuit un courant d'induction dont la durée est la même que celle de la modification subie par le courant.

Il y a d'ailleurs *réversibilité* de ces phénomènes, c'est-à-dire que tout courant qui circule autour d'un aimant produit dans cet aimant un changement dans la distribution, un déplacement du pôle d'une part, et d'autre part, tout déplacement du pôle amène dans un fer doux placé dans le voisinage une variation dans l'attraction, de telle sorte que si le pôle se déplace périodiquement, le fer doux entrera en vibrations.

Ces principes posés, l'explication du téléphone est simple : un téléphone est formé d'une monture cylindrique en bois, creuse, au centre de laquelle se trouve un aimant qui, vers l'une des extrémités, est entouré d'une bobine de fils isolés : une plaque circulaire de tôle mince fixée à sa circonférence est placée en face et à quelque distance du pôle de l'aimant. Deux appareils identiques servent, l'un de *manipulateur*, l'autre de *récepteur*, pour employer les expressions employées dans la télégraphie ; les fils des deux bobines sont reliés par deux fils complétant un circuit entièrement fermé.

Si l'on produit un son devant l'un des téléphones, la plaque métallique vibre de manière à exécuter le même nombre de vibrations par seconde que le corps sonore : le pôle de l'aimant se déplace synchroniquement faisant naître autant de courants instantanés qui, transmis dans le circuit, produisent dans l'autre téléphone un même nombre de déplacements du pôle magnétique, lesquels donneront naissance à autant de mouvements de la plaque métallique qui faisant ainsi vibrer l'air ambiant, produiront un son qui sera de même hauteur que le son produit à l'autre extrémité de la ligne.

Tout changement dans la durée de l'oscillation au manipulateur sera suivi d'un changement identique dans la durée de l'oscillation dans le récepteur, et même toute modification dans la loi, dans la forme de l'oscillation sera transmise identiquement. On peut donc ainsi transmettre les sons de hauteurs différentes (la hauteur étant déterminée par la durée de la vibration), même de timbres différents (le timbre étant défini par la loi suivant laquelle s'exécutent les vibrations), les différences de voyelles rentrant dans la question de timbre.

Si nous ne faisons erreur, ces principes sont fort simples ; il est cependant, croyons-nous, peu de physiciens qui eussent voulu construire et essayer un semblable appareil ; il ne semblait pas possible qu'une plaque métallique pût ainsi vibrer de tant de ma-

nières différentes, et cela seul eût suffi pour arrêter la plupart des savants qui eussent été tentés d'étudier la question. Heureusement que ces détails n'ont pas arrêté l'inventeur, car il a essayé, et le téléphone fonctionne. Le fait est incontestable, et sans parler des expériences qui ont été exécutées à l'étranger, nous dirons que des essais ont été faits en France, chez M. Bréguet d'abord, puis à la Société de physique où nombre de personnes ont pu converser à distance, poser des questions et recevoir les réponses et même entendre parfaitement le son d'une boîte à musique avec laquelle un téléphone avait été mis en contact. Si nous ajoutons que nous pensons que quelques améliorations apportées aux appareils permettront d'obtenir un peu plus de netteté dans les sons entendus; que, comme on a pu le remarquer, cet appareil fonctionne sans l'intervention d'une pile; que sa construction est relativement grossière; qu'il n'exige pas de soins minutieux pour le montage; enfin que le prix des matériaux qui le constituent et de la main-d'œuvre doivent atteindre une faible valeur, en concevra que cet appareil doive être appelé à rendre d'immenses services.

Une importante question se présentait à résoudre : à quelle distance peuvent fonctionner des téléphones? On citait, il est vrai, des expériences qui avaient réussi en Amérique et en Angleterre à des distances de 80 kilomètres et plus, disait-on. Il y a quelques semaines, en France, des essais n'avaient porté que sur des longueurs de quelques centaines de mètre, de moins d'un kilomètre; actuellement des essais ont été entrepris dans notre pays, et ils ont parfaitement réussi : c'est ainsi que des téléphones ont été expérimentés entre Paris et Nancy et ont transmis des sons. Bien plus, on a pu converser à travers le Pas-de-Calais; on avait quelques doutes sur la possibilité d'obtenir des résultats satisfaisants : des demandes et des réponses ont été échangées pendant deux heures; on a pu, à travers le câble sous-marin, distinguer la voix d'une femme qui s'était mêlée à la conversation, et des éclats de rire, provoqués à une extrémité par une plaisanterie prononcée sur l'autre rivage, ont été nettement perçus sur ce dernier.

Quelles seront les applications de cet appareil? On ne saurait encore les prévoir. On en cite déjà quelques-unes : un essai a été fait dans les mines de Saint-Austell (Angleterre) et la conversation s'est établie sans difficulté; à New-York, la compagnie de la Clyde Steamship a réuni ses bureaux au quai d'embarquement; d'autres part, chacune des piles du pont de Brooklyn actuellement en construction, a été mise en communication avec le bureau de l'ingé-

nieur, ce qui a permis de simplifier le système compliqué de signaux destinés à transmettre les ordres.

On a essayé avec succès, paraît-il, le téléphone pour correspondre et donner des indications à un scaphandre; enfin, parmi les applications qui ont été déjà signalées, il faut citer les résultats obtenus par Sir William Thomson qui a mis le téléphone en communication avec un anémomètre placé dans un puits de mine et a pu, par ce moyen, avoir des renseignements continus sur la quantité d'air envoyée dans les galeries.

Un fait important à signaler spécialement, c'est que la pratique de cet appareil ne demande aucun apprentissage : il suffit, d'une part, de parler nettement devant l'appareil, de l'autre, d'appliquer le téléphone à son oreille.

Nous ne savons si les modèles divers de téléphone produisent des résultats identiques; mais nous devons reconnaître que pour celui que nous avons expérimenté, les sons avaient une intensité assez faible. En se basant sur une propriété que nous allons signaler, on pourrait, il nous semble, obvier dans une certaine mesure à cet inconvénient. Il a été reconnu, en effet, que trois téléphones pouvaient être placés dans le même circuit, un servant de manipulateur et les deux autres de récepteurs. Il suffirait pour augmenter la puissance sonore d'appliquer ces deux téléphones récepteurs aux deux oreilles : M. le docteur Constantin Paul a, en effet, montré que lorsque les deux oreilles fonctionnent simultanément l'impression est notablement augmentée, et, à ce qu'il semble, plus que ne le comporterait la simple addition des deux sensations isolées.

Le téléphone a été inventé par le professeur Graham Boll.

N° 7

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages français.

Agendas Dunod. N° 3. Arts et manufacture, mécanique, à l'usage des ingénieurs du matériel des chemins de fer, conducteurs et constructeurs de locomotives, directeurs d'ateliers de constructions agricoles et navales. 1877. In-18, 244 p. Paris, lib. Dunod, 1 fr. (janv. 1877.)

Allard. Mémoire sur l'intensité et la portée des phares, comprenant la description de quelques appareils nouveaux ainsi que des études sur la transparence des flammes, la vision des feux scintillants et la transparence nocturne de l'atmosphère; par M. E. Allard, ingénieur en chef des ponts et chaussées, attaché au service central des phares. Publié par ordre de M. le Ministre des travaux publics. In-4°, 172 p. et pl. Paris, imp. nationale. (Mars 1877.)

Annuaire officiel des chemins de fer, publié par A. Chaix et Cie, contenant le résumé analytique de tous les documents historiques, statistiques, administratifs et financiers relatifs aux chemins de fer français et étrangers, et un recueil spécial de législation et de jurisprudence; par Frédéric Dubois. 27e année. In-12, XXIV-725 p. Paris, imp. et lib. A. Chaix et Cie. (Janvier 1877.)

Armengaud. L'Utilisation et l'aménagement des eaux en France; par M. Armengaud aîné, ingénieur. Gr. in-8°, 14 p. Boulogne (Seine), imp. J. Boyer. (Mai 1877).

Assainissement de la Seine. Épuration et utilisation des eaux d'égout. Documents administratifs. Enquête. Annexes. 3 vol. gr. in-8°, 587 p. et 14 pl. Paris, imp. et lib. Gauthier-Villars, 25 fr. (Janvier 1877.)

— de la Seine. Épuration et utilisation des eaux d'égout. Rapport de la commission d'enquête de Seine-et-Oise sur l'avant-projet d'un canal d'irrigtion de Clichy à la forêt de Saint-Germain. Préfecture de Seine-et-Oise. In-8°, 32 p. Paris, imp. et lib. Gauthier-Villars. (Mars 1877).

— de la Seine. Épuration et utilisation des eaux d'égout. Docu-

ments anglais. Préfecture de la Seine. In-4°, 344 p. Paris, impr. et lib. Gauthier-Villars. (Juillet 1877.)

AUCOC. Conférences sur l'administration et le droit administratif faites à l'École des ponts et chaussées; par Léon Aucoc, président de section au Conseil d'État. T. III. Des routes nationales et départementales, des ponts et des bacs, des chemins de fer, des tramways. In-8°, 764 p. Paris, lib. Dunod. (Mai 1877.)

AVEZAC-LAVIGNE. Les Voies de fer. Notice sur un système nouveau pour les voies de fer. Système breveté des dés avec coussinets à tampons; par L. Avezac-Lavigne, officier en retraite. In-8°, 20 p. Nîmes, imp. Roucole.

BACKER (de). Tramways. La Traction par chevaux et la traction par machines sur les tramways. Aperçu comparatif; par Hector de Backer, ingénieur des mines. Gr. in-8°, 31 p. Paris, lib. Ghio. 1 fr. (Mai 1877.)

BARRAL. Les Irrigations dans le département des Bouches-du-Rhône. Rapport sur le concours ouvert en 1876 pour le meilleur emploi des eaux d'irrigation; par J. A. Barral, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'agriculture de France. Ministère de l'agriculture et du commerce. Direction de l'agriculture. In-4°, 271 p. Paris, imp. nationale. (Janvier 1877.)

BAUM. Résultats de l'exploitation des chemins de fer français. Étude économique; par Charles Baum, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 57 p. Lille, imp. Lefebvre-Ducrocq.

—— Les Chemins de fer de l'État et les Chemins de fer concédés à des compagnies privées. Étude économique; par Charles Baum, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 50 p. Lille, imp. Lefebvre-Ducrocq.

BENAZÉ (de) Recherche de la profondeur à laquelle se transmet l'agitation produite à la surface de la mer; par M. de Benazé, ingénieur des constructions navales. In-8°, 20 p. Paris, imp. Martinet. (Juin 1877.)

BOULEY. Des émanations des eaux d'égout considérées au point de vue de la propagation des maladies contagieuses. Discours prononcé à l'Académie de médecine, le 6 mars 1877, par M. H. Bouley, président de l'Académie de médecine. In-8°, 20 p. Paris, imp. Martinet. (Avril 1877.)

BOUROTTE. Le Reboisement des montagnes dans la Creuse; par M. A. Bourotte. In-8°, 16 p. Paris; bureaux de la Revue des eaux et forêts. (Juillet 1877.)

BURGER. De l'asséchement du sol par les essences forestières; par

A. Burger. In-8°, 31 p. Paris; bureaux des eaux et forêts; librairie agricole de la Maison rustique. (Mai 1877.)

CARRO. Navigation intérieure. Mémoire sur une disposition nouvelle de barrage automobile à grande retenue; par T. Carro, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 47 p. et 2 pl. Meaux, imp. Carro.

CHAUX HYDRAULIQUES. Chaux hydrauliques naturelles de Trouville. In-8°, 8 p. Reims, imp. Dufour et Keller.

CHEMIN DE FER sous-marin entre la France et l'Angleterre. Rapports présentés aux membres de l'association sur les explorations géologiques faites en 1875 et 1876. In-4°, 55 p. et 4 pl. Paris, imp. P. Dupont. (Juin 1877.)

CHÉROT. Les Grandes compagnies de chemin de fer et les compagnies régionales secondaires; par Auguste Chérot, ancien élève de l'École polytechnique. In-8°, 15 p. Paris, lib. Guillaumin et C°. (Février 1877.)

— Les Grandes compagnies de chemin de fer en 1877; par Auguste Chérot, ancien élève de l'École polytechnique. In-8°, 20 p. Paris, lib. Guillaumin et C°. (Avril 1877.)

CHOPIN. Traverses en fer à crampons rivés pour rails à patins; par Ch. Chopin, ingénieur à Bordeaux (Gironde). In-8°, 16 p. et 2 pl. Bordeaux, imp. Gounouilhou.

CLAUDEL. Formules, tables et enseignements usuels, aide-mémoire des ingénieurs, des architectes, etc. Partie pratique; par J. Claudel, ingénieur civil. 9° *édition*, revue et considérablement augmentée. 2 vol. in-8°, XXXVI-1857 p. et pl. Paris, lib. Dunod, 27 fr. 50. (Mai 1877.)

CUCHERAT. Devis du prix d'acquisition et d'entretien suivant les différents systèmes de voies de tramways, série d'après les tarifs français; par P. Cucherat, ingénieur civil. In-8°, 12 p. et pl. Lyon, imp. Cartay.

— Étude sur la construction économique d'une bonne voie de tramways; par P. Cucherat, ingénieur civil. In-8°, 16 p. et pl. Lyon, imp. Cartay.

DELAUNAY. Étude sur la compagnie des Charentes, suivie de quelques observations sur les conventions de 1869; par Albert Delaunay, ancien élève de l'École polytechnique. In-8°, 71 p. Paris, lib. J. Baudry.

DELBOY. Le Canal de jonction occidental ou canal de la Loire à la Garonne et à la Charente; par M. P. A. Delboy, conseiller général de la Gironde. In-8°, 19 p. et 1 carte. Paris, imp. A. Chaix et C°; au siége social, 81, rue d'Amsterdam.

DESCOURS. Des eaux courantes en droit romain, et des cours d'eau navigables et flottables en droit français. Thèse pour le doctorat, présentée et soutenue par Alexandre Descours, avocat. In-8°, 184 pages. Paris, lib. Larose. (Mai 1877.)

DUBOSQUE. Instructions pratiques sur la réparation et l'entretien des chaussées en empierrement, à l'usage des ingénieurs, agents voyers, etc.; par J. Dubosque, conducteur des ponts et chaussées. In-12, 51 p. Wassy, imp. et lib. Guillemin; Saint-Dizier, lib. Firmin-Marchand. 75 c.

DUBUS. Les Chemins de fer devant les pouvoirs publics. Notes et réflexions; par F. Dubus, ancien secrétaire général de chemins de fer. Gr. in-8°, 63 p. Paris, lib. générale; lib. Damby.

DUCOURNAU. Analyse et perfectionnements nouveaux pour l'emploi des ciments dans les ouvrages à l'air; par J. Ducournau, ingénieur civil. In-8°, 180 p. et 5 pl. Paris, lib. Lefèvre. 5 fr.

DUMAS et SERGENT. Table donnant au moyen d'abscisses et d'ordonnées les développements d'arcs elliptiques quelconques et aussi d'arcs de cercle, calculée par M. Dumas, conducteur au service municipal, et publiée par E. Sergent, ingénieur civil. 1re *édition*. In-8°, 29 p. Paris, lib. Ve Fournier; A. Lemoine. 2 fr.

DUPLESSIS. Traité du nivellement, comprenant les principes généraux, la description et l'usage des instruments, les opérations et les applications, avec 112 fig. dans le texte; par J. Duplessis, répétiteur de génie rural à l'école de Grignon. In-8°, XIV-341 p. Paris, lib. J. Baudry; 8 fr.

DUPONCHEL. Le Chemin de fer de l'Afrique centrale; par A. Duponchel, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-8°, 44 p. Paris, imp. Pougin. (Février 1877.)

EAUX (les) des égouts de Paris et la forêt de Saint-Germain. In-8°, 32 p. Paris, imp. et lib. A. Chaix et Ce; Saint-Germain-en-Laye, lib. Lancelin. 1 fr. (Mars 1877.)

FLAMANT. Profil géologique du canal de Roubaix; par M. Flamant, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 7 p. et pl. Lille, imp. Danel.

FRION. Note sur un nouveau niveau dit niveau à réfraction de M. A. Frion, ingénieur des arts et manufactures. In-8°, 9 p. et pl. Lyon, imp. Storck.

GAUDARD. Étude sur les conditions de résistance des ponts tournants; par M. J. Gaudard, ingénieur civil, professeur à l'Académie de Lausanne. In-8°, 36 p. et 9 pl. Paris, lib. E. Lacroix. (Extrait des *Annales du génie civil.*)

GAUSSIN et HATT. Annuaire des marées des côtes de France pour

l'an 1878; par M. Gaussin, ingénieur hydrographe de première classe, et M. Hatt, sous-ingénieur hydrographe de première classe. In-18, IX-310 p. Paris, lib. Challamel aîné; dans les ports. 1 fr. (Avril 1877.)

GAVAND. Chemin de fer métropolitain de Constantinople, ou Chemin de fer souterrain de Galata à Péra, dit tunnel de Constantinople. Projet d'une nouvelle ville et d'un nouveau port de commerce à Constantinople; par Eugène-Henri Gavand, ingénieur civil. In-f°, 43 p. et 25 pl. Paris, imp. Lahure. (Décembre 1876.)

GONIN. Manuel pratique de construction traitant des tracés de routes et de chemins de fer, des terrassements, des ouvrages d'art, des bâtiments, des voies ferrées et des constructions rurales, contenant des types variés et récents de ponts voûtés, ponts métalliques, cintres et bâtiments; utile aux ingénieurs, entrepreneurs du génie, etc.; par E. Gonin, ingénieur-constructeur. Gr. in-8°, 260 p. et atlas in-4° de 38 pl. Paris, imprim. et lib. Dejey et Cᵉ. (Avril 1877.)

GUENEAU DE MUSSY. Discussion sur la salubrité des égouts. Réponses de M. N. Gueneau de Mussy à MM Bouley et Jaccoud. In-8°, 24 p. Paris, imp. Martinet. (Avril 1877.)

GUILLAUME. Traité pratique de la voirie vicinale, ou exposé de la législation et de la jurisprudence sur les chemins vicinaux; par Eug. Guillaume, chef du bureau de la voirie urbaine et vicinale au ministère de l'intérieur. 4ᵉ *édition*. In-18 jésus, 300 p. Paris, imp. et lib. P. Dupont. (Décembre 1876.)

HERMEL. Hygiène publique. Des résultats de l'irrigation de la plaine de Gennevilliers par les eaux d'égout de la ville de Paris, par MM. les docteurs Danet, Bastin et Garrigou-Desarrenne. Compte rendu; par le docteur Hermel. In-8°, 16 p. Paris, imp. Parent. (Février 1877.)

JOASCHIN. Avant-projet d'un grand canal maritime traversant la France; par Joaschin, chef de district du chemin de fer d'Orléans, à Châteaulin (Finistère). In-8°, 12 p. Quimper, imp. Caen dit Lion.

JOLY. La Question des eaux d'égout en France et en Angleterre; par Ch. Joly. In-8°, 8 p. Paris, imp. Michels; l'auteur, 11, rue Boissy-d'Anglas. (Janvier 1877.)

— De l'épuration des eaux d'égout; par Ch. Joly. In-8°, 7 p. Paris, imp. Michels. (Février 1877.)

LACROIX. Travail comparatif sur les divers procédés mécaniques de fabrication des briques; par M. Gédéon Lacroix. In-8°, 29 p. Lille, imp. Danel.

LADUREAU. Note sur l'utilisation des eaux industrielles et ménagères des villes de Roubaix et Tourcoing; par M. A. Ladureau, chimiste. In-8°, 7 p. Lille, imp. Danel.

LARMANJAT. Notice sur la construction des voies ferrées secondaires; par J. Larmanjat, ingénieur civil. In-8°, 8 pages. Paris, imp. A. Chaix et C[ie]. (Mars 1877.)

LARTIGUE. Note sur les électro-sémaphores pour le block-system, leur application sur les lignes à double et à simple voie (système Lartigue, Tesse et Prudhomme); par M. H. Lartigue. In-8°, 32 p. et pl. Paris, imp. Capiomont et Renault. (Mars 1877.)

LECARON. Essai sur les travaux publics de Paris au moyen âge; par Frédéric Lecaron, archiviste-paléographe. In-8°, 48 p. Nogent-le-Rotrou, imp. Daupeley.

LE LOUP DE SANCY. Étude sur l'expropriation pour cause d'utilité publique en Angleterre, en Belgique, en Prusse, en Italie, en Espagne et dans la Confédération Suisse; par L. Le Loup de Sancy, maître des requêtes au Conseil d'État. In-8°, 20 p. Paris, lib. Cotillon et C[ie]. (Février 1877.)

MANÈS. Notice historique sur les moyens anciens et nouveaux de passage de la Garonne devant Bordeaux et de la Dordogne devant Cubzac; par M. W. Manès. In-8°, 84 p. et 1 pl. Bordeaux, imp. Gounouilhou.

MANIER. La Mer à Paris. Grand canal maritime de la Seine, avec carte explicative. Étude dédiée au conseil municipal de Paris; par André Manier, auteur du projet d'un grand canal maritime du Midi pour prévenir les inondations et compléter le canal de Suez. In-8°, 70 p. et carte. Paris, lib. Dunod. (Janvier 1877.)

MINISTÈRE DE LA GUERRE. Règlement du 23 décembre 1876 sur l'organisation et l'administration des sections techniques d'ouvriers de chemins de fer de campagne. Ministère de la guerre. In-8°, 39 p. et 2 pl. Paris, imp. et lib. Dumaine. 75 c. (Janvier 1877.)

—— Instruction spéciale pour le transport des troupes d'infanterie par les voies ferrées. (Ministère de la guerre.) In-32, 74 p. et 7 pl. Paris, lib. Dumaine. (Avril 1877.)

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. État de l'éclairage et du balisage des côtes de France au 1[er] janvier 1876. Ministère des travaux publics. Ponts et chaussées. Phares et balises. Gr. in-8°, 192 p. et 1 carte. Paris, imp. nationale. (Mai 1877.)

MOINOT. Levés de plans à la stadia. Notes pratiques pour études de tracés; par J. Moinot, ingénieur civil. 3[e] *édition*, revue et améliorée. In-8°, 128 p. et 9 pl. Paris, lib. Dunod. (Mai 1877).

MOSCHELL. Notice sur le chemin de fer de l'Utliberg (près Zurich) à rampe de 7 p. 100 et traction par simple adhérence; par John Moschell. In-8°, 73 p. Paris, imp. et lib. Eug. Lacroix. 1 fr. (Avril 1877.)

NADAULT DE BUFFON. Considérations sur le régime légal des eaux de sources naturelles et artificielles, en ce qui touche spécialement l'agriculture, l'industrie, le commerce et autres intérêts généraux. Documents pour la rédaction du Code rural; par M. Nadault de Buffon, ingénieur en chef, membre de la Société centrale d'agriculture. In-8°, XIX-418 p. Paris, lib. Marescq aîné. 7 fr. 50 c. (Avril 1877.)

NICOLE. Architecture pratique. De l'emploi des briques ordinaires dans la construction et la décoration des édifices publics et privés; par M. D. Nicole, architecte. In-4°, 29 p. et 30 pl. Paris, lib. Ducher et Cᵉ. (Février 1877.)

NOEL. La Question des chemins de fer. Fusion, ou septième réseau; par Octave Noël. In-8°, 24 p. Paris, imp. A. Chaix et Cᵉ. (Février 1877.)

PALAA. Description des engins et appareils des grands travaux publics. Historiques, cintres, échafaudages, travaux de l'isthme de Suez, ponts métalliques, constructions maritimes, etc.; par M. G. Palaa, conducteur principal des ponts et chaussées. Suivie de la construction du pont sur la Tet, par M. le baron de Basterot, ingénieur civil. In-8°, 93 p. avec 2 fig. dans le texte et 15 pl. Paris, imp. et lib. Eug. Delacroix. 10 fr. (Avril 1877.)

PROMPT. L'action des cours d'eau sur le sol; par M. A. Prompt, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 19 p. Paris, imp. Martinet. (Juin 1877.)

RÉSEAU des voies navigables de la France. Paris, imp. Erhard.

REYNAUD. Les travaux publics de la France. Routes et ponts, chemins de fer, rivières et canaux, ports de mer, phares et balises; par MM. les ingénieurs des ponts et chaussées Félix Lucas, Ed. Collignon, H. de Lagrené, Voisin-Bey, E. Allard. Ouvrage publié sous les auspices du ministère des travaux publics, et sous la direction de M. Léonce Reynaud, inspecteur général des ponts et chaussées, contenant 250 planches, de nombreuses gravures dans le texte et 5 cartes en chromolithographies. Livraisons 11 à 20 formant les livraisons 3 et 4 de chaque partie. In-folio, 80 p. et 50 pl. Paris, lib. J. Rothschild. 120 fr.

TAMISIER. Barrage-réservoir d'Oppedette. Projet dressé par M. Hardy, ingénieur en chef des ponts et chaussées du dépar-

tement de Vaucluse; par R. Tamisier. In-8°, 16 p. Paris, imp. Motteroz. (Avril 1877.)

TAMISIER. Tunisie (la) et les chemins de fer algériens. Avec une carte des chemins de fer algériens et tunisiens en exploitation, en construction et à l'étude. In-8°, 31 p. Paris, lib. Rouvier et Logeat. 2 fr. (Mai 1877.)

VANDAL. Note sur les tramways de Francfort-sur-Mein, Bruxelles, Lille et Genève; par Ed. Vandal. In-8°, 46 p. et 2 pl. Paris, imp. Ve Éthiou-Pérou. (Janvier 1877).

WINKLER. Traité de construction de ponts; par le docteur E. Winkler, professeur à l'École polytechnique de Vienne. Théorie des ponts. Les poutres droites considérées au point de vue des forces extérieures. Traduit de l'allemand, avec l'autorisation de l'auteur, par Ch. d'Espine, ingénieur. Avec 125 fig. dans le texte et 7 pl. In-8°, XI-252 p. Paris, imp. et lib. Eug. Lacroix. 10 fr. (Mai 1877.)

EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES

DE L'ÉDITEUR DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Quinze exemplaires seront remis à chacun des auteurs des mémoires publiés.

. . . .

M. Dunod devra exécuter, pour le compte des auteurs qui en auront fait la demande au moment même où ils enverront leurs manuscrits à l'administration, et sur l'avis qui lui en sera donné, des tirages à part de leurs mémoires aux prix suivants :

1° Par *feuille de texte* et pour le premier cent d'exemplaires, 10 fr.; pour chaque centaine en plus, 5 fr.

2° Par *planche* et par cent exemplaires, 10 fr.;

3° Pour *brochage, couverture et faux frais* : pour une feuille de texte seule, 2 fr. 50; pour chaque feuille supplémentaire et chaque planche, 25 cent.;

4° Pour un *titre spécial imprimé*, 10 fr.

Les auteurs qui ne pourraient s'entendre avec M. Dunod pour la publication et la vente de leurs mémoires extraits des *Annales* qu'ils voudraient publier séparément pourront, avec l'autorisation de l'administration, traiter, avec tout autre éditeur et, dans ce cas, les planches et les bois des *Annales* pourront leur être prêtés pour les tirages qu'ils auront à faire; mais la mise en vente de leurs mémoires ne pourra avoir lieu qu'un an au moins après la publication de la dernière des livraisons des *Annales* auxquelles ils auront éte empruntés.

N° 8

EXPÉRIENCES FAITES EN ANGLETERRE

SUR L'EMPLOI

DE SYSTÈMES DE FREINS A GRANDE PUISSANCE

Par M. ACHILLE BAZAINE, ingénieur civil,
ancien élève de l'École polytechnique et de l'École des ponts et chaussées.

Nous nous proposons, dans cette notice, de donner un résumé des expériences faites en 1875 en Angleterre sur l'emploi des freins continus dans les trains.

PRÉLIMINAIRES.

Commission royale d'enquête sur les accidents.— Le gouvernement anglais s'était depuis longtemps déjà préoccupé du nombre des accidents « qui eussent pu être évités entièrement, ou qui eussent au moins perdu beaucoup « de leur gravité, si les trains avaient été munis de moyens « d'arrêt suffisamment prompts et énergiques. » Dès 1858, le *Board of Trade* avait adressé aux Compagnies une circulaire, signée de M. le capitaine Douglas Galton, exprimant le regret « du peu de progrès fait par les Compagnies « dans l'adoption d'un mode de communication entre les « conducteurs et le mécanicien », et l'espoir « que ces « Compagnies ne tarderont pas davantage à pourvoir leurs « trains de pareils moyens de communication ainsi que « de freins d'une puissance suffisante ».

Déjà à cette époque, la Compagnie du Lancashire-Yorkshire appliquait à tous ses trains de voyageurs les freins Newall ou Fay, et en 1862 et 1863 les Compagnies du

North Eastern et du Highland suivaient cet exemple sur plusieurs de leurs lignes. Peu à peu, et plutôt sous la pression d'une nécessité évidente que pour obéir aux recommandations réitérées du gouvernement, d'autres Compagnies entrèrent dans la même voie. Toutes d'ailleurs se prêtèrent avec empressement aux inspections officielles, et particulièrement aux expériences de la Commission royale de 1874. En outre, les plus considérables d'entre elles constituèrent un comité chargé d'étudier, et de proposer à l'adoption de toutes les Compagnies du Royaume-Uni, un véritable Code de règlements d'exploitation, espérant ainsi détourner la Commission royale de recommander au Parlement une intervention législative dans leurs affaires.

La pression à laquelle les Compagnies obéissaient bon gré mal gré, en s'occupant d'améliorer leur exploitation, était née de circonstances des plus graves. A la suite de sinistres nombreux et d'enquêtes retentissantes, accompagnées de rapports très-sévères des inspecteurs du Board of Trade, et de condamnations importantes prononcées par les tribunaux contre les Compagnies, le gouvernement anglais nommait, dans l'été de 1874, une commission « chargée de faire une enquête sur les causes des accidents de « chemins de fer, et sur la possibilité d'y remédier par « de nouveaux règlements ».

En s'occupant spécialement des collisions, la Commission fut amenée à constater « l'insuffisance des moyens usités généralement pour détruire la vitesse d'un train, en même temps que l'incertitude où l'on était sur les distances parcourues jusqu'à arrêt complet, à partir de la mise en action des freins ».

Il était donc nécessaire d'instituer des expériences sur les effets des freins ordinaires et sur la comparaison des différents systèmes de freins continus, suivant un programme général, qu'on pourrait résumer dans les termes suivants :

(a) Mesure des distances parcourues par des trains animés de différentes vitesses et soumis à l'action des divers freins ordinairement en usage en Angleterre.

(b) Détermination des résultats de l'augmentation de puissance des freins.

(c) Effets de l'application brusque de freins puissants à un train lourdement chargé et marchant à grande vitesse au point de vue de la sécurité.

EXPÉRIENCES DE NEWARK.

Mesures préparatoires. — M. Woods, ingénieur civil, et le colonel Inglis furent chargés de la direction de ces expériences, auxquelles plusieurs Compagnies prêtèrent, comme nous l'avons dit plus haut, le concours le plus libéral, en mettant toutes leurs ressources à la disposition des commissaires. C'est ainsi que l'association nomma un comité spécial sous la présidence de M. Oakley, chef d'exploitation du Great Northern, pour s'entendre avec MM. Inglis et Woods, sur les mesures pratiques à adopter pour la composition des trains à fournir et les sections de lignes où s'exécuteraient les essais.

On choisit dans ce but la portion de la ligne de Nottingham-Lincoln, comprise entre Newark et Thurgaton, sur le réseau du Midland, portion à peu près de niveau et exempte de courbes de petits rayons. Pendant les expériences qui durèrent sans interruption toute une semaine (*), la Compagnie reporta sur la voie montante la circulation dans les deux sens.

Six Compagnies fournirent huit trains d'essais complets, munis d'autant de systèmes différents de freins continus, qui peuvent se répartir dans les 4 classes suivantes :

(*) Et non une couple de jours, comme le dit M. Couche dans son ouvrage, vol. III, liv. V, p. 590. — Les chiffres de ses tableaux d'expériences ne sont pas absolument conformes à ceux publiés dans le rapport.

I. Dispositions mécaniques ordinaires.	London North Western.	Clark and Webb.
	Lancashire Yorkshire.	Fay.
II. Pression atmosphérique.	Great Northern.	Frein pneumatique Smith.
	Brighton South Coast. .	— Westinghouse.
III. Air comprimé.	Midland.	Frein à air automatique. Westinghous
	Caledonian	— Steel and M
IV. Pression de l'eau.	Midland.	Frein hydraulique de Clarke.
	Midland.	— de Barker (*).

La composition de chaque train, dont nous donnons plus loin le détail, correspondait à celle d'un train ordinaire de voyageurs à charge moyenne et présentait 13 voitures et 2 fourgons à freins, les premières chargées de 58 kilog. par place, et chaque fourgon d'environ 2 tonnes. Les voitures pouvaient être indifféremment à 4 ou 6 roues.

La charge des trains bruts variait entre 130 et 195 tonnes, et entre 200 et 260 tonnes en y comprenant la machine et le tender. Les trains les plus lourds étaient composés de voitures à 6 roues du Great Northern et du London North Western. (Voir le tableau ci-après.)

Programme. — Le programme arrêté par la Commission, de concert avec les Compagnies, comprenait trois séries d'expériences.

La première série était composée comme il suit :

Section A. — Détermination des distances parcourues jusqu'à arrêt complet sous l'action des freins à main ordinaires du tender et des fourgons;

(*) Pour la description succincte de ces différents systèmes, voir l'Appendice ci-après (n° 10). Pour de plus amples détails, voir :

1° *Annales des ponts et chaussées*, 1873, n° 1, sur le frein Westinghouse à air comprimé, par M. Malézieux, ingénieur en chef;

2° *Ibid.* (Chronique). Sur le frein pneumatique Smith, par M. Gariel;

3° *Revue scientifique* du 18 août 1877;

4° *Annales industrielles* du 4 novembre 1877 : Description du frein pneumatique expérimenté par la compagnie du Nord;

5° Le 3° volume de l'ouvrage de M. Couche, inspecteur général des mines : *Voie, Matériel roulant et Exploitation technique*, etc., liv. V, chap. VI.

Section B. — Essai de l'application des freins continus et des freins à main du tender et des fourgons par les conducteurs, à un signal donné (drapeau ou corde) ;

Section C. — Même essai, sans les freins des fourgons, mais en y ajoutant le frein de la machine ;

Section D. — Application au même signal, par le mécanicien et les conducteurs, de tous les moyens d'arrêt en leur pouvoir (excepté le sable) ;

Section E. — Même expérience en y ajoutant le répandage du sable sur les rails ;

Section F. — Application de tous les moyens d'arrêt disponibles à une partie des trains où à la totalité par le mécanicien, à un signal du conducteur d'arrière (corde) ;

Section G. — Application par le conducteur seul, de tous les moyens d'arrêt disponibles, y compris le frein de la machine (en supposant que le conducteur a seul vu le signal d'arrêt et qu'il ne peut communiquer avec le mécanicien) ;

Section I. — Arrêt par l'action des seuls freins de la machine et du tender (pour un des trains, le frein à main est remplacé par l'action de la contre-vapeur).

La deuxième série s'appliquait à l'arrêt des machines et tenders non suivis de trains :

Section A. — Évaluation de la résistance propre des machines et tenders, sans emploi des freins ;

Section B. — Arrêt sous l'action des freins du tender seul, régulateur fermé ;

Section C. — Arrêt sous l'action du frein de la machine seul ;

Section D. — Arrêt sous l'action de la contre-vapeur ou du frein de la machine et des freins du tender.

En général, l'emploi de la contre-vapeur fut assimilé à celui du frein de la machine et y fut substitué en cas d'absence de cet appareil.

La troisième série était destinée à l'évaluation de la ré-

sistance propre des voitures et fourgons. Six trains étaient poussés par une machine à une vitesse modérée (45 kilom. à 67 kilom. à l'heure), puis abandonnés à eux-mêmes sans usage des freins.

Enfin une série supplémentaire comprenait des expériences qui devaient être exécutées, si l'on en avait le temps, après les précédentes; nous croyons utile de les énumérer, bien que la plupart n'aient pas été réalisées :

1° Freins continus appliqués par le conducteur d'arrière, apercevant le signal d'arrêt;

2° Un voyageur, en cas de danger, fait un signal au conducteur et au mécanicien qui appliquent les freins continus;

3° Freins continus appliqués par un voyageur;

4° Rupture de train dans l'intervalle muni de freins continus; effet produit, le train marchant à toute vapeur;

5° Signal donné par un voyageur au conducteur et au mécanicien, les seules communications entre les voitures ayant lieu par les freins continus;

6° Arrêt aussi prompt que possible, marche en arrière sur 50 mètres et nouvel arrêt;

7° Temps nécessaire pour appliquer à des wagons dépourvus de toute espèce de freins les organes de transmission des freins continus;

8° Temps nécessaire pour établir et supprimer les organes de transmission des freins continus entre les véhicules d'un train.

Les trois premières expériences furent exécutées en même temps que celles de la première série; la quatrième seule exigeait des dispositions préparatoires spéciales et fut remise à la fin.

En outre, on ajouta les suivantes au programme convenu :

1° Effet du calage de toutes les roues d'un train;

2° Temps employé pour le serrage successif des freins dans toute la longueur du train et pour le desserrage;

3° Temps employé au serrage des freins à vis;

4° Distance à laquelle un signal peut être transmis par une corde dans un train et durée de la transmission.

On s'était proposé de répéter chaque expérience à deux vitesses différentes, mais on n'en eut pas le temps, et d'ailleurs les résultats n'eussent présenté quelque intérêt que dans le cas où l'on aurait pu donner la même vitesse à tous les trains, ce qui ne put avoir lieu.

Mesure des vitesses. — On voit, par le programme précédent, que les expériences comportaient deux sortes de mesures : vitesse au moment de la mise en jeu du frein; distance parcourue à partir de ce moment.

La mesure des vitesses était opérée par deux procédés contradictoires : 1° automatiquement; 2° par des observations directes. Dans les deux cas, on notait les instants des passages des trains devant six premiers poteaux espacés de 140 mètres, dont le dernier portait le drapeau destiné à donner le signal du serrage des freins, puis devant 20 autres poteaux espacés de 60 mètres et servant à mesurer les vitesses décroissantes. L'appareil automatique était un enregistreur électrique, accompagné d'un pendule battant la demi-seconde.

Le personnel auxiliaire chargé de surveiller les manœuvres des agents des trains et de faire les observations de précision avait été emprunté au corps du génie militaire, dans le but de réaliser les conditions d'une scrupuleuse impartialité.

Les expériences durèrent, à partir du 9 juin 1875, pendant 6 jours. Il y eut en tout 70 courses de trains complets ou de machines. Il ne se produisit d'ailleurs aucun accident sérieux.

Composition des trains. — Nous avons indiqué plus haut la composition générale des trains. Le tableau qui suit donne à ce sujet quelques détails complémentaires nécessaires pour parvenir à une appréciation exacte des conditions des expériences.

Renseignements principaux

Nos des trains.	Noms des compagnies.	Machines (6 roues). Nombre des roues couplées.	Espèce de freins.	Nombre de sabots par roues.	Tenders (6 roues). Espèce de freins.	Nombre de sabots par roues.	Trains (13 voitures). Disposition.	Nombre de roues par véhicule.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	London North Western.	4	»	»	à vis.	1 (bois).	1er groupe: 4 voitures. 1 fourgon. 4 voitures. 2e gr.: 5 voitures. 1 fourgon.	6
2	Great Northern.	»	»	»	à main ou Smith.	1 (bois).	Fourgon en tête et en queue.	6 pour 11 voitures et les fourgons
3	Midland (n° 1).	4	Westinghouse.	1 (fonte) sur les roues motrices.	à main ou Westinghouse.	1 (bois).	Comme ci-dessus.	4
4	Midland (n° 2).	4	Clarke hydraulique.	1 (bois) sur les roues motrices.	à main ou hydraulique.	1 (fonte).	Voitures-fourgons.	4
5	Midland (n° 3).	4	Barker hydraulique.	2 (fonte) sur les roues motrices.	à main.	1 (bois).	Comme nos 2 et 3.	4
6	Lancashire-Yorkshire.	4	»	»	à main.	1 (bois).	1er gr.: 1 fourgon. 6 voitures. 2e gr.: 7 voitures. 1 fourgon.	4
7	Caledonian.	4	»	»	à air comprimé.	1 (bois).	Comme n° 4.	4
8	London, Brighton and South-Coast.	Machines pour trains express.	à vapeur ou à main sur les roues motrices et d'arrière.	»	à main.	1 (bois).	Comme nos 2, 3 et 5.	4

ur les trains d'expériences.

2 fourgons).			FREIN CONTINU.		
Nombre de sabots par roues.	Poids total (tonnes).	Longueur totale (mètres).	Systèmes.	Véhicules enrayés.	OBSERVATIONS.
10	11	12	13	14	15
pour chacune des quatre roues extrêmes.	252	167	Clark (à chaîne) perfectionné par M. Webb.	Voitures et fourgons.	Le frein continu pouvait être manœuvré par le mécanicien au moyen d'une corde. — Corde-signal permettant aux gardes de faire siffler la machine.
1 (fonte) pour voitures. — 1 (bois) pour fourgons.	264	172	Pneumatique Smith.	Tender et train.	Une disposition additionnelle permettait aux conducteurs d'appliquer les freins sans le secours du mécanicien.
1 (fonte) our 12 voitures t les fourgons. — 2 (fonte) pour 1 voiture.	208	153	Air comprimé Westinghouse automatique.	Train complet.	Peut être manœuvré directement par le mécanicien, un garde ou un voyageur.
2 (fonte) pur 8 voitures. — 1 (bois) r les fourgons.	203	153	Hydraulique Clarke.	Machine, tender et 8 voitures de tête.	Le temps avait manqué pour placer l'appareil sur 5 voitures et les fourgons. Portaient des freins à glissière à la main.
2 (fonte) par voiture. — 1 (bois) par fourgon.	218	152	Hydraulique Barker.	Machines et voitures.	Frein à main sur les fourgons.
1 (bois).	198	147	Fay.	Voitures et fourgons.	Corde-signal entre les fourgons.
1 (bois) pour 25 voitures et 1 fourgon. — 1 (fonte) pour 8 voitures. — 2 (bois) pour 1 fourgon.	208	145	Steele Mc Innes.	Tender et voitures.	Les fourgons sont munis de freins à main.
1 (fonte).	210	151	Pneumatique Westinghouse automatique.	Voitures et wagons.	Communication électrique entre les voitures de la machine.

En outre, la compagnie du North Eastern a fourni une machine express à 6 roues, dont 4 couplées de $2^m,15$, avec son tender; les roues motrices et celles du tender étaient pourvues de sabots simples en bois, actionnés soit par l'appareil pneumatique Smith, soit par la main.

Il nous reste à faire connaître et à interpréter les résultats obtenus.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION DES EXPÉRIENCES.

1° EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES ET PREMIÈRE SÉRIE.

Résistance des machines et des trains (séries 2 et 3). — Les premières expériences eurent pour but de déterminer un coefficient moyen pour la résistance propre des trains, d'une part, des machines avec leur tender, de l'autre, et la résistance de l'air.

On trouva, pour le premier coefficient, un nombre variable entre $4^k,6$ et $2^k,5$ par tonne, et l'on adopta comme valeur moyenne 4 kilog. Les expériences (série 3, section B) furent faites sur 6 trains, les rails étant secs. Le point d'arrêt étant à un niveau inférieur à celui du poteau-signal où le train était abandonné à lui-même, on retranchait de la force vive, calculée comme on le verra ci-après, le travail de la pesanteur.

Des expériences analogues faites sur 3 machines donnèrent un coefficient moyen de $6^k,7$ par tonne.

Ces coefficients ne sont évidemment applicables que sur des voies à peu près rectilignes et dans les limites de vitesses admises, c'est-à-dire entre 73 kilom. et 43 kilom. à l'heure.

Influence de l'accouplement. — On retrouve dans ces dernières expériences un fait signalé par plusieurs ingénieurs, le peu d'influence de l'accouplement sur la résis-

tance des machines, surtout à de grandes vitesses; en effet, la machine du Great Northern, à roues libres, donne une résistance de $7^k,8$ par tonne; celles des compagnies de London et North Western et du Great Eastern, à 2 essieux couplés, donnent respectivement $5^k,75$ et $5^k,02$. Il est juste d'ajouter que la première machine avait une vitesse de 72 kilom., et les deux autres seulement de 56 et 52 kilom. à l'heure, et l'on sait que la résistance des machines s'accroît rapidement avec leur vitesse.

Nous allons maintenant résumer successivement les diverses sections de la 1re série, c'est-à-dire celles qui se rapportent tout spécialement aux effets des freins.

Effet des freins à main du tender et des fourgons (section A). — Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

NUMÉROS des trains.	NOMBRE total des roues enrayées.	VITESSE en kilomèt. à l'heure.	DISTANCE parcourue en mètres.	DURÉE du parcours en secondes.	RÉSISTANCE due aux freins, en kilogrammes par tonne de poids brut	ÉTAT des rails.
1	14	73	724	62,5	29,0	sec.
2	14	76	973	89,0	23,5	sec.
3	14	76	901	81,75	23,1	un peu gras.
4	18	78	1.091	89,0	21,9	humide.
5	14	76	1.125	95,75	20,3	gouttes de pluie.

OBSERVATIONS. — Un seul des trains du Midland. Le train de Lancashire-Yorkshire a été omis, le frein des fourgons ne pouvant être mû que par l'appareil Fay.

On peut compléter ce tableau en calculant les distances correspondantes à diverses vitesses, chiffres des plus importants dans les conditions actuelles de l'exploitation sur la plupart des réseaux; nous ne ferons ce calcul (*) que pour les deux trains extrêmes 1 et 5, et le train 3, qui représente à peu près les conditions moyennes des 3 autres :

(*) Les espaces parcourus étant proportionnels aux carrés des vitesses, le calcul des chiffres ci-dessus se fait sans aucune difficulté.

NUMÉROS.	V = 48	V = 72	V = 96
1	mètres. 314	mètres. 706	mètres. 1.256
3	396	891	1.584
5	452	1.016	1.808

Ces chiffres sont encore au-dessous de ceux qui seraient réalisés dans la pratique courante. En effet, le fonctionnement des freins était excellent, les agents savaient d'avance le point où le signal devait être donné, conditions exceptionnelles pour la rapidité de l'action. La Commission en conclut que, sur les lignes à grande vitesse et sur palier, les signaux avancés doivent être reculés à 1 mille (1.600^m) au moins. Elle fait en outre observer que la nécessité de serrer les freins à de grandes distances des points d'arrêt a été un désavantage particulièrement sensible sur les lignes de banlieue à stations rapprochées, en ralentissant la marche des trains, et que les Compagnies exploitant ces lignes ont été naturellement amenées des premières à étudier les freins à grande puissance.

Freins de la machine et du tender (section I). — Nous rapprocherons des expériences de la section A celles de la section I, où les freins de la machine et du tender sont seuls mis en jeu, et qui portent sur deux trains, *Midland n° 1* et *London and North Western.*

NUMÉROS des expériences.	FREINS.	NOMBRE total de roues enrayées.	VITESSE en kilomètr. à l'heure.	DISTANCE parcourue en mètres.	DURÉE du parcours en secondes.	RÉSISTANCE due aux freins, en kilogrammes par tonne de poids brut.	ÉTAT des rails.
45	Westinghouse (air comprimé)	10	68	666	67	27,9	humide.
44	Frein à main.	10	71	1.001	91	19,7	Id.

OBSERVATIONS. — Dans la deuxième expérience, la contre-vapeur a remplacé le frein de la machine.

On obtient donc des chiffres comparables aux précédents, bien que la charge sur roues enrayées soit supérieure.

Le rapporteur se croit autorisé à tirer de ces expériences une conclusion défavorable, relativement à l'emploi de la contre-vapeur, émettant par là une opinion conforme à celle qui a généralement cours en Angleterre. Il nous semble que les résultats seraient plus concluants si les expériences avaient été faites avec la même machine et répétées plusieurs fois dans des conditions diverses.

Avant d'aborder l'étude des freins continus, il est utile de se rappeler les chiffres de la 6e colonne des deux tableaux d'expériences ci-dessus, qui indiquent une résistance comprise entre 20 kilog. et 29 kilog. par tonne de poids brut.

Freins continus. — Les effets des freins continus sont étudiés dans les sections B, C, D, E, F, G. Nous les diviserons en deux groupes :

1° Effets des freins continus, sans emploi du sable, B, C, D, G ;

2° Effets de l'emploi du sable, E, F.

Premier groupe.

Signaux transmis par le mécanicien, comparés à l'action directe des garde-freins (sections B, G). — Les sections B, G ne diffèrent que par le mode de signal adopté et par l'emploi du frein du tender. Dans la section B, le mécanicien donne le signal aux gardes et serre le frein du tender ; dans la seconde, le signal part d'un garde, et les freins des fourgons et des voitures sont seuls mis en jeu, le régulateur étant, bien entendu, fermé dans les deux cas.

Les chiffres de la section B sont un peu inférieurs à ceux de G, malgré l'action du frein du tender, circonstance qui

ne peut s'expliquer que par la perte de temps causée par la transmission du signal de la machine aux fourgons. Nous n'insisterons pas davantage.

Arrêt par tous moyens possibles (section C, D). — La section la plus intéressante est la double section C, D ; elle

SÉRIE I.

Application de tous moyens d'arrêt dispo[…]

Numéros des expériences.	Trains.	Dénomination des freins.	Poids du train en expérience.	Charges sur roues enrayées.	Proportion du poids appliqué aux roues enrayées.	Détails sur l'emploi des freins. (7) Nombre des roues enrayées de la machine.	Nombre des roues enrayées du tender.	Nombre des roues enrayées des fourgons.	Nombre des roues enrayées des voitures.	Nombre total des roues enrayées.	Nombre total des roues du train.	Durée du parcours des derniers 240 mètres.
1	2	3	4	5	6	a	b	c	d	e	8	9
			ton.	ton.								[illegible]
20	Midland 1.	Westinghouse. . .	210,5	198,6	94,3	4	6	8	52	70	72	10,5
21	Midland 2.	Clarke.	201,1	147,0	72,9	4	6	8	52	50	72	10,[illegible]
22	Midland 3.	Barker.	214,5	202,4	94,4	4	6	8	52	70	72	10,[illegible]
19	London North West. .	Clark and Webb.	251,4	128,5	51,0	—	6	8	40	54	102	11,[illegible]
17	Lancashire-Yorkshire.	Fay.	192,8	184,0	85,0	—	6	8	52	66	72	12,[illegible]
18	Great Northern.	Smith.	274,2	262,0	95,5	4	6	12	74	96	98	11,[illegible]
16	London Br. and S. C.	Westing (pneum.).	213,1	201,6	94,6	4	6	8	52	70	72	10,[illegible]
15	Caledonian.	Steele Mc Innes. .	204,8	168,0	82,0	—	6	8	52	66	72	11,[illegible]

Les 11 premières colonnes n'exigent aucune explication.

La colonne 12, calculée d'après la formule $\frac{PV^2}{2g}$, sert à l'évaluation de la force constante qui produirait un travail

correspond, en effet, ainsi que la section E, dont nous parlerons plus loin, aux cas du maximum d'effet à produire par la mise en œuvre de tous les moyens possibles.

Nous donnerons, à titre d'exemple, le tableau complet du rapport.

CTION C, D.

ies (sauf le sable) à des trains complets.

…es …au… …ual. 10	ARRÊT du train en : 11		12	13	14	15	FORCE retardatrice moyenne due aux freins et autres moyens d'arrêt 16		FORCE retardatrice moyenne équivalente, en tenant compte de la rotation des roues 17				ÉTAT des rails. 18
									comparée au poids brut,		comparée à la charge sur roues enrayées,		
En mètres par seconde. *b*	Distance parcourue en mètres. *a*	Temps en secondes. *b*	FORCE VIVE EN TONNES-MÈTRES.	FORCE RETARDATRICE MOYENNE en tonnes.	FORCE RETARDATRICE MOYENNE en kilogrammes par tonne de poids brut.	RÉSISTANCE DU TRAIN EN TONNES.	en tonnes. *a*	comparée à la charge sur roues enrayées. *b*	déduite de la distance. *a*	déduite de la durée. *b*	déduite de la distance. *c*	déduite de la durée. *d*	
mèt.	mèt.	sec.	ton.-m.	ton.	kil.	ton.	ton.	ton.	kil.	kil.	kil.	kil.	
23,24	272,6	20 1/4	5762,76	21,14	100.4	1,0	20,14	101,3	109,4	127,2	116,1	149,8	sec.
22,36	364,8	22	6114,05	16,76	83.1	0,97	15,79	107,4	90,6	123,1	124,2	168,8	sec.
21,36	467,5	33	6488,90	13,88	64,7	1,03	12,85	63,5	70,6	82,0	74,7	86,9	sec.
22,13	402,9	30	6297,23	15,63	62,1	1,18	14,45	112,5	67,5	82,0	132,2	160,8	sec.
19,91	350,5	28 1/4	3896,49	11,12	57,5	0,90	10,22	62,1	62,7	78,2	73,8	92,0	humide.
22,17	436,7	30	6868.71	15,72	57,2	1,30	14,42	54,9	61,9	82,0	65,8	85,9	humide.
22,24	522,1	36	5852.74	11,21	52,6	1,04	10,17	50,5	57,3	71,6	60,6	75,7	humide, net.
[illegible]	484,0	35	4893,24	10.11	49,4	0,99	9,12	54,3	53,8	68.7	65,6	83,8	humide, net.

équivalent à celui de la force retardatrice variable pendant le même temps (col. 11 (*a*)) ; pour avoir les nombres de la colonne 13, on divise donc ceux de la colonne 12 par les nombres correspondants 11 (*a*).

La colonne 14 s'obtient sans difficulté.

La colonne 15 est calculée en multipliant le poids du train et celui de la machine avec son tender, respectivement par les coefficients moyens déduits des expériences des séries 2 et 3. (V. ci-dessus, p. 126.)

On obtient les chiffres de la colonne 16 (*a*) en retranchant ceux de la colonne 15 de ceux de la colonne 13; les chiffres de 16 (*b*), en divisant la colonne 16 (*a*) par la colonne (5).

Quant à la colonne 17, elle a un intérêt plutôt théorique que pratique, et a été calculée en ajoutant à la force vive due au mouvement de translation de la masse brute du train, celle due à la rotation des roues autour de leurs essieux, en tenant compte par conséquent de leur poids et de la manière dont la matière y est distribuée. La valeur de la force retardatrice est évidemment plus précise en introduisant ce nouvel élément; mais ce degré de précision est inutile pour la solution du problème pratique de la comparaison des différents freins, et les chiffres de la colonne 17 sont restés sans usage.

Les valeurs de la force retardatrice calculées soit d'après la distance parcourue, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, soit d'après le temps du parcours, d'après la formule du mouvement uuiformément retardé $F = \frac{P}{g}\frac{v}{t}$, ne peuvent être identiques que si l'origine des temps coïncide exactement avec la valeur de v; les chiffres des colonnes 17*b*, 17*d* prouvent que cette coïncidence ne s'est généralement pas présentée.

Les trains sont rangés dans l'ordre des chiffres qui expriment la puissance des freins en kilogrammes par tonne de poids brut. En mettant à part les valeurs extrêmes des trains 20, 21, 16, 15, il reste une série de 4 trains pour lesquels la puissance des freins ne s'écarte pas de plus de 0,42 p. 100 d'une moyenne de $60^k,4$ par tonne. Le chiffre

correspondant au frein Westinghouse à air comprimé est remarquable; il s'élève en effet à 100 kilog. par tonne, soit de 4 p. 100 au-dessus de la moyenne. On retrouvera d'ailleurs un résultat analogue dans les autres sections.

Deuxième groupe.

Effets de l'emploi du sable. Section E.— Mais les valeurs les plus élevées de ce même coefficient se trouvent dans le deuxième groupe, section E, dont l'examen nous indiquera en outre la résistance additionnelle, produite par l'emploi du sable. Pour faciliter les comparaisons, nous mettons en regard dans le tableau suivant, les principaux éléments des sections C, D et E.

TRAINS.	POIDS brut.		VITESSES.		DISTANCES parcourues.		DURÉE du parcours.		RÉSISTANCE en kilogr. par tonne.	
	C. D.	E.	C. D.	E.	C. D.	E.	C. D.	E.	C. D.	E.
	ton.	ton.	kil.	kil.	mèt.	mèt.	sec	sec.	kil.	kil.
Midland n° 1. . .	210,5	211,9	83,7	82,9	272,6	251,4	20 1/4	18	100.4	106,4
Midland n° 3. . .	214,5	218,0	87,7	80,9	467,5	335,5	33	25	64,7	76,4
L. and N. West.	251,4	253,4	79,7	76,4	402,9	293,8	30	22	62,1	77,9
Lancash.-York. .	192,8	190,2	71,2	73,2	350,5	278,3	28 1/4	22	57,5	76,0
Great Northern. .	274,2	262,9	79,7	72,4	436,7	275,8	30	21	57,2	74.7
L. Br. and S. C.	213,1	210,2	83,7	83,7	522,1	467,2	36	32	52,6	58,8
Caledonian. . . .	204.8	201,3	78,1	79,6	484,0	359,3	35	25	49,4	73.3

OBSERVATIONS. — Le train du Midland n° 2 n'a pas été expérimenté dans la section E.

Il y a un accroissement important de la résistance, surtout pour les appareils qui avaient donné les moins bons résultats dans la section C, D, et diminutions correspondantes dans les espaces parcourus et les temps de parcours. De plus cinq des trains ci-dessus donnent des chiffres qui ne s'écartent pas plus de 0,32 p. 100 d'une moyenne de 76,2 (*).

(*) En y ajoutant un sixième train, qui figure dans la section E avec le coefficient 79,4, et qui était formé du train ordinaire du Lancashire-Yorkshire, remorqué par la machine du Great Eastern.

En tenant compte des conditions des différentes expériences, le rapport croit pouvoir adopter un chiffre moyen de 1,3 p. 100 comme exprimant l'augmentation proportionnelle produite par l'emploi du sable sur le coefficient de la résistance. En calculant cette moyenne d'après le tableau comparatif qui précède, on obtiendrait un nombre double ; le rapporteur s'est donc évidemment appuyé sur des circonstances particulières que nous ne connaissons pas. Nous avons néanmoins dû donner ce chiffre, qui présente un intérêt considérable.

Le tableau ci-joint indique, comme nous l'avons fait plus haut, les parcours calculés pour 3 vitesses différentes dans les hypothèses des sections C, D et E :

TRAINS.	V = 48		V = 72		V = 96	
	C. D.	E.	C. D.	E.	C. D.	E.
Midland n° 1	91,0	85,9	204,7	193,2	364,0	341,6
— n° 2	110,3	»	248,2	»	441,2	»
— n° 3	141,7	119,8	318,8	269,5	566,8	479,2
London and North West	146,3	117,3	329,2	263,9	585,2	469,2
Lancashire Yorks (1)	159,1	120,4	357,9	270,9	636,4	484,6
Lancashire Yorks (2)	»	115,2	»	259,2	»	460,8
Greath Northern	160,0	122,8	360,0	276,3	640,0	491,2
London Br. and S. C.	174,0	155,7	391,5	350,3	696,0	622,8
Caledonian	185,3	125,0	416,9	281,2	741,2	500,0

OBSERVATIONS. (1) Train remorqué par la machine de la Compagnie. (2) Train remorqué par la machine du Great Eastern. (Voir la note ci-dessus.)

Signal donné par le conducteur de queue. Section F. — La section F comporte également l'emploi du sable, seulement les freins n'étaient appliqués par le mécanicien que sur un signal donné par le conducteur d'arrière, au moyen de la corde. On trouve, comme on devait s'y attendre, des résultats inférieurs à ceux de la section E et même de la section C, D ; les coefficients sont en effet compris entre 77,5 et 51,9, avec une moyenne de 61,8 calculée sur 4 trains.

DIAGRAMMES.

Représentation du coefficient de la résistance due aux freins, de la vitesse initiale et du parcours effectué. — La commission avait demandé que les résultats des expériences fussent, autant que possible, mis en lumière par une représentation graphique. MM. Woods et Inglis réalisèrent cette condition de la manière suivante.

Si l'on néglige les frottements et la résistance de l'air, l'effet des freins peut être assimilé à celui de la pesanteur sur un train gravissant une rampe d'une inclinaison déterminée. En effet, soient :

P — le poids brut du train ;

V — sa vitesse au poteau signal ;

l — l'espace parcouru jusqu'à arrêt complet ;

F — la force retardatrice constante équivalente à l'action des freins ; en appelant α l'angle de la voie avec l'horizontale, la composante efficace de la pesanteur serait $P \sin \alpha$; on calculera donc α par la relation :

$$P \sin \alpha = F = \frac{PV^2}{2gl}; \quad \text{d'où} \quad \sin \alpha = \frac{\left(\frac{V^2}{2g}\right)}{l};$$

$\frac{V^2}{2g}$ représente la hauteur de chute d'un corps arrivant à terre avec la vitesse V. On portera donc en ordonnées les différentes valeurs de $\frac{V^2}{2g}$, comprises dans une même section d'expériences, et l'on mènera les horizontales correspondantes ; puis, de l'origine comme centre avec des rayons égaux aux différentes valeurs de l, on décrira des arcs de cercle ; on joindra avec l'origine chacune des intersections de ces arcs avec l'horizontale correspondante, et l'on obtiendra une figure représentant pour chaque expérience de la section, les éléments suivants :

1° Coefficient de résistance due aux freins ;

2° Vitesse au moment de l'application ;

3° Distance parcourue.

Les valeurs de $\frac{V^2}{2g}$ n'étant pas données par les tableaux d'expériences, on a divisé l'axe des ordonnées en parties inégales, représentant les valeurs de V, qui varient comme les ordonnées d'une parabole de paramètre égal à g et dont les abscisses seraient les valeurs de $\frac{V^2}{2g}$. En outre, à cause de la petitesse des valeurs de α, on a pris pour les ordonnées une échelle quadruple de celle des abscisses.

Le diagramme que nous avons construit s'applique à la section C, D (Pl, 5, *fig.* 4) (*). Les valeurs de $\sin \alpha$ peuvent être sensiblement considérées comme représentant la déclivité elle-même, c'est-à-dire $\operatorname{tg} \alpha$.

On peut se servir de cette figure pour connaître les parcours correspondant à des vitesses différentes ; il suffit de mesurer la longueur de la portion de droite inclinée comprise entre l'origine et l'horizontale correspondante à la vitesse donnée.

Représentation des variations de la force retardatrice et de la vitesse en fonction de l'espace parcouru. — La force F qui figure dans les tableaux et les diagrammes précédents est purement fictive. Mais on peut se servir des indications de l'enregistreur électrique pour calculer, en des points convenablement rapprochés, la valeur réelle de la force retardatrice, en partant de l'équation connue :

$$f ds = \frac{P}{g} v dv,$$

(*) Les *fig.* 4 et 5 sont extraites de l'adresse lue aux membres de la section de mécanique du congrès de l'Association britannique, à Plymouth, le 17 août 1877, par M. Woods, président de la section.

équation qu'on remplacera en pratique par la suivante :

$$\varphi \Delta S = \frac{P}{g} \frac{V'^2 - V^2}{2},$$

où ΔS a une valeur constante, et V' et V sont les vitesses initiale et finale. Les intervallés entre les poteaux étant de 60 mètres, on a admis pour la vitesse, au milieu de cet intervalle, la moyenne entre les valeurs données par l'appareil; on a donc pris pour ΔS une longueur de 30 mètres. On a pu ainsi construire une courbe des valeurs de la force φ, courbe dont l'aire totale représente approximativement le travail $\int f ds$ de la force retardatrice réelle. La différence entre ces deux chiffres a été généralement trouvée inférieure à 2 p. 100 de la force vive calculée des trains, sauf dans 2 ou 3 cas où elle atteint 3 p. 100.

Les courbes sont assez irrégulières, ce qui prouve un défaut d'uniformité dans l'action des freins; elles offrent même des ordonnées négatives qui indiquent une accélération sur un court espace, probablement due à l'effet de la réaction des tampons. On peut se faire une idée de leurs formes par l'inspection des courbes des vitesses (*) (Pl. 5, *fig.* 5) (traits pleins ou pointillés), qui se rapportent aux expériences de la section C, D.

Les lignes en traits plein et ponctué sont deux paraboles : la première (ponctuée) donnerait les vitesses dues à une force constante dans les conditions d'expérience du frein Westinghouse à air comprimé, c'est-à-dire $v = 84$ kilom. à l'heure et $l = 273,70$; la seconde (trait plein) coïncide sur une assez grande étendue avec la courbe de l'expé-

(*) Ces courbes ayant été décalquées, nous avons dû conserver les échelles et la graduation de la figure anglaise, en assimilant 1 mille à 1.600 mètres et 1 pied à 0m,30, afin d'avoir des nombres ronds. L'erreur commise est en totalité de 8m,52 sur les parcours (540 mètres), et de 560 mètres sur les vitesses à l'heure (96 kilom.), soit 0,016 et 0,0058.

rience du frein Fay, mais la vitesse initiale est 80 kilomètres au lieu de 71, et le parcours 375 mètres au lieu de 350. On a représenté en traits fins les prolongements hypothétiques des courbes jusqu'aux points d'arrêt.

Nous reviendrons plus loin sur les causes d'irrégularité de ces courbes et sur les résultats à en déduire, quant à la valeur comparée des systèmes. Ajoutons seulement que, sur les diagrammes des forces retardatrices, la forme de courbe la plus favorable serait celle qui s'élèverait rapidement à partir de l'origine pour s'aplatir ensuite régulièrement, indiquant une action immédiate des freins, se continuant sans variation à partir d'un certain moment. Nous regrettons que ces diagrammes n'aient pas été publiés dans le rapport.

2° EXPÉRIENCES DE LA 2° SÉRIE ET SUPPLÉMENTAIRES.

Les expériences qu'il nous reste à citer portent, conformément au programme donné plus haut, sur plusieurs questions accessoires à l'emploi des freins continus; nous les étudierons dans l'ordre suivant :

1° — Expériences sur les freins automatiques en cas de ruptures d'attelages (série supplémentaire);
2° — Effet du calage complet des roues (série suppl.);
3° — Résistance due au frein de la machine (série 2, section C);
4° — Résistance due au frein du tender (série 2, section B);
5° — Arrêt d'une machine et de son tender par tous les moyens disponibles (série 2, section D);
6° — Durée de la transmission du serrage et du desserrage du frein à travers un train complet (série suppl.);
7° — Durée du serrage des freins à main (série suppl.);
8° — Transmission du signal par une corde (série suppl.).

1° *Freins automatiques* (série supplémentaire). — Les expériences sur l'action automatique des freins en cas de

scission d'un train sont au nombre de cinq, dont une fortuite, due à la rupture d'un attelage du train du *London and North Western* par suite d'une manœuvre mal faite des freins continus dans une expérience de la section B (1re série). Cinq voitures et un fourgon se séparèrent après une violente secousse. On suppose que le conducteur de queue a appliqué trop tôt les freins de sa section de train, et que le frein du tender a, au contraire, été appliqué trop tard par le chauffeur. D'ailleurs il n'y eut aucune conséquence fâcheuse, les freins du tronçon agirent immédiatement, et un espace de 50 mètres séparait les deux parties du train au moment de l'arrêt.

Dans les quatre expériences normales, les commissaires fixèrent entre eux le point où devait être effectuée la séparation, sans en informer l'agent, qui devait au signal donné détacher le crochet d'un attelage préparé en conséquence. On notait la vitesse en ce moment, puis le temps de l'arrêt du tronçon séparé ainsi que la distance qu'il parcourait, le mécanicien ayant soin de donner à la machine une avance suffisante.

Les freins hydrauliques et Westinghouse pneumatique n'étant pas automatiques, les expériences portèrent sur les appareils Westinghouse à air comprimé, Fay, Steel et Smith. Ce dernier donna un faible résultat, l'afflux de l'air dans les conduites ayant retardé l'action des aspirateurs actionnés par le conducteur du fourgon de queue. D'autre part, on eût craint de munir la conduite de soupapes, qui eussent assuré l'action rapide des freins, mais pourraient, dans les manœuvres ordinaires d'arrêt par l'appel de la vapeur, amener un ralentissement trop rapide en tête du train, et par suite, une véritable collision entre les véhicules.

Ci-joint un tableau résumé des expériences de cette série :

NUMÉROS des expériences.	DÉSIGNATION des freins.	NOMBRE de wagons détachés.	VITESSE au moment de la scission.	DISTANCE parcourue avant l'arrêt.	FORCE retardatrice moyenne, en kilogr. par tonne de poids brut.	OBSERVATIONS.
			kilom.	mèt.	kilog.	
59	Midland (Westing. air comp.).	12	83.3	264,9	101,3	
6	London and N. W. (Clark and Webb).	6	81,7	282,8	92,7	Rupture par accident
73	Lancashire-Yorkshire (Fay).	15	68,4	306,9	60,6	
52	Caledonian (Steele). .	12	72,4	402,3	51,2	
57	Great Northern (Smith).	12	65,2	627,6	21,8	

Durée de l'ajustage du frein Westinghouse après rupture. — Dans le train de Midland, muni de l'appareil Westinghouse, les freins furent serrés dans les deux tronçons. On fit en même temps une expérience accessoire, par laquelle on mesura le temps nécessaire pour rajuster les freins ; on trouva cinq secondes pour attacher les chaînes et deux secondes et demie pour rajuster les tubes.

2° *Effets du calage des roues* (série supplémentaire). — En général, les freins ne sont pas appliqués de manière à amener un calage immédiat des roues ; cet effet ne s'est jamais produit que pour une vitesse très-réduite que le rapport estime à 15 milles à l'heure, et ce résultat est favorable, sinon à la rapidité de l'arrêt, du moins à la conservation des bandages et des rails. Restait précisément à savoir quelle était l'influence du calage sur la durée de la course du train enrayé, et ce fut là l'objet de deux expériences sur un train de six fourgons du Midland, munis de freins à main, avec sabots en bois pour quatre fourgons et en fonte pour les deux autres. Le train fut lancé à une vitesse de 64 kilomètres à l'heure et abandonné à lui-même au poteau-signal.

On trouva les résultats suivants :

Roues non calées. Force retardatrice. . . $73^k,4$ par tonne.
— calées. — . . 88 ,8 —

Les parcours furent de 204 mètres et 173 mètres.

Ainsi l'augmentation de résistance est d'environ 20 p. 100 de l'effet produit par les freins, sans calage de roues. Il a donc là une ressource précieuse, mais à laquelle on ne doit avoir recours qu'en cas de danger pressant.

3°, 4°, 5° ***Résistances dues aux freins de la machine et du tender*** (2° série, sect. B, C, D). — Ces expériences font suite à celles que nous avons rapportées en leur lieu, sur la résistance propre des machines et tenders, et donnent le surcroît de résistance apporté par le serrage des freins ou la contre-vapeur. Nous les résumons dans le tableau suivant :

	NUMÉROS.	RÉSISTANCE en kilog. par tonne.	OBSERVATIONS.
Sect. B. (Frein du tender seul.)	1 2 3	77,90 57,50 39,60	N° 1. Frein Smith et frein à main au tender. N° 2. Frein à main au tender et à contre-vapeur sur la machine. N° 3. Frein Smith au tender.
Sect. C. (Frein de la machine seule.)	3	62,80	
Sect. B. (Tous moyens d'arrêts disponibles sur la machine et sur le tender).	1 2	96,60 80,30	

Le chiffre de 62k,80 (sect. C) doit être porté à 105 kilogrammes, si l'on ne tient compte que du poids de la machine ; si l'on considère en outre les chiffres de la section D, et qu'on se reporte aux expériences relatées plus haut (2°) sur l'effet des freins sur les trains isolés, on retrouvera ce fait bien connu de l'influence prédominante des freins appliqués à la machine et au tender. Les Compagnies anglaises ont longtemps hésité à appliquer les freins aux roues motrices des locomotives ; elles sont aujourd'hui, d'après les recommandations de la Commission, entrées largement dans cette voie, ainsi que le lecteur pourra le voir par le tableau donné dans l'appendice au présent mémoire.

6° ***Transmission de l'effet des freins*** (série supplémentaire).

— Ces expériences importantes ont été faites sur 5 trains au repos, de la manière suivante :

Le signal était donné par un observateur placé sur la machine, et vu à la fois du mécanicien qui appliquait les freins et d'un second observateur placé en face du dernier wagon et qui notait sur un compteur l'instant où l'action était transmise.

On trouva les résultats suivants :

Frein	Westinghouse (air comprimé).	pression de $5^k,6$ à 6^k par cent. q.	3 expér.	....	serrage : 1 sec. 3/8 à 1 sec. [illegible] desserrage : 3 sec. à 6 sec. [illegible]
—	Smith.....	pression de 44 à 48^c de mercure.	7 expér.	....	serrage : 4 sec. à 5 sec. desserrage : 21 sec. 1/4.
—	Barker.................		3 expér.	14e voiture	serrage : 5 sec. 1/4. desserrage : 8 sec. 1/2.
				6e voiture	serrage : 3 sec.
—	Westinghouse (pneumatique).	pression : 39^c de mercure.	3 expér.	....	serrage : 8 sec.
—	Steele......	pression : $7^k,24$ par c. q.	1 expér.	13e voiture	serrage : 8 sec. 1/4.

L'avantage continue à être pour le frein Westinghouse à air comprimé. Rappelons en outre que certains des appareils précédents, Barker et Westinghouse pneumatique, ne sont pas automatiques en cas de rupture d'un train.

7° *Freins à main* (série supplémentaire). — Deux expériences, les sabots étant à $0^m,018$ des jantes. Dans la première, le garde avait la main sur le volant du frein : serrage, 3 secondes; dans la deuxième, il était assis à sa place ordinaire; le serrage eut lieu en 4 secondes. Il fallut 8 tours de volant. Ces chiffres sont intéressants, comparés aux précédents.

8° *Transmission d'un signal par la corde* (série supplémentaire). — Afin de savoir dans quelles limites de longueur de train un signal pouvait être transmis par l'intermédiaire d'une corde, on accoupla bout à bout 5 des trains d'expériences avec leurs machines et tenders, de manière à former un train unique d'environ 750 mètres de longueur. Fixée par un bout à la poignée du sifflet de la machine de tête, et par l'autre au tampon d'arrière du dernier fourgon, la corde-signal passait sur les poignées des portières et les

mains courantes des fourgons, et restait lâche au-dessus des machines et tenders intermédiaires. Dans ces conditions, un conducteur placé dans le 5e wagon à partir de la queue du train, et un membre de la Commission qui se tenait à l'extérieur près du dernier fourgon, firent siffler sans difficulté, sans même que la corde ait été tendue; l'allongement total dû au manque de points de suspension de la corde était évalué à 9 mètres.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Nous terminerons par un résumé critique des résultats des expériences étudiées dans les pages précédentes.

1° *Freins continus* (comparaison des systèmes). — La Commission s'abstient, et avec raison, selon nous, de se prononcer sur la valeur relative des différents systèmes expérimentés. La plupart étaient, en effet, d'origine très-récente et n'avaient pas été suffisamment étudiés quant à leur mode d'application; d'autres présentaient des dispositions incomplètes, comme le frein hydraulique de Clarke, qui n'était appliqué qu'à la moitié du train, ou même fautives, comme l'appareil pneumatique Westinghouse dont l'éjecteur était mal ajusté.

Il est encore d'autres motifs pour lesquels nous ne croyons pas les expériences d'une même section comparables entre elles.

1° On ne tient aucun compte de l'état de la voie, qui exerce une influence notable, d'un côté sur la prise du sabot sur la jante, et de l'autre sur le chemin parcouru dans la période de glissement des roues calées; ainsi, diminution dans l'action modératrice des freins et diminution du frottement du rail contre la jante, deux causes d'augmentation du parcours que nous avons désigné par *l*, et, par suite, de diminution du coefficient qui représente

la puissance du système. Il eût fallu pouvoir tenir compte des conditions atmosphériques par un coefficient de correction.

2° On a bien noté le nombre de roues enrayées, mais ce nombre ne figure pas dans le calcul du coefficient; or, on ne peut comparer l'action du frein Westinghouse, à air comprimé, qui s'exerçait sur 70 roues sur un total de 72, à celle du frein Clarke et Webb, lequel n'agissait que sur 58 roues sur 102.

La prééminence du frein Westinghouse à air comprimé est cependant un fait d'une constance remarquable, ainsi que nous l'avons fait déjà observer, et qui acquiert encore plus d'importance quand on se reporte à la série récente de 12 expériences comparatives faites sur le réseau du Great Eastern, concurremment avec l'appareil Smith. On a, en effet, atteint le chiffre énorme de 125 kilog. par tonne, pour un train de 170 tonnes, marchant à des vitesses comprises entre 71 et 103 kilom. à l'heure (*Engineering*, 6 juillet 1877).

Les mêmes expériences ont d'ailleurs donné pour le frein Smith un coefficient de 95 kilog., bien supérieur à ceux des sections C, D, E; et l'on sait qu'en ce moment même, les ingénieurs de la compagnie du Nord en font une application des plus sérieuses sur leur réseau.

Abstraction faite des considérations précédentes, il est clair que la recherche du meilleur système de freins continus n'est pas un problème susceptible d'une solution unique et absolue. Ainsi que le dit le capitaine Tyler dans son Rapport général de 1874 :

« Quand on aura pu trouver un système de frein continu, « économique, simple, facile à ajuster et à maintenir en « état, n'exigeant pas de réparations, agissant à la volonté « du mécanicien, automatique dans chaque tronçon d'un « train divisé par une rupture, possédant en outre les « autres qualités qu'on doit exiger d'un bon frein, on aura cer-

« tainement fait un grand et nouveau progrès dans la voie « de la sécurité et de l'activité de l'exploitation d'un che- « min de fer. Mais on doit admettre qu'il y a à tenir compte « de bien des considérations et à surmonter bien des obsta- « cles; et il vaudra beaucoup mieux prendre le temps de « discuter, essayer et perfectionner le plus possible les « différents systèmes présentés, qu'adopter prématu- « rément et d'une manière générale une disposition qu'on « peut plus tard trouver défectueuse, et créer une bar- « rière plus ou moins puissante contre toute nouvelle amé- « lioration. »

Le conseil du capitaine Tyler (aujourd'hui sir Henry Tyler) a été entendu en Angleterre, comme le fait voir le document publié par les Compagnies, et que nous avons résumé dans l'appendice. Nous verrons plus loin les conclusions de la Commission.

Irrégularité d'action des freins. — Les différences que présentent dans leurs effets les divers systèmes de freins continus tiennent à deux causes principales :

1° Les durées différentes de la transmission du serrage dans la longueur du train (nous avons cité les expériences faites à ce sujet);

2° Les différentes valeurs des pressions exercées et les variations de ces pressions pendant l'application du sabot sur la jante.

L'ensemble des deux causes est traduit aux yeux par les diagrammes des forces ou des vitesses dont nous avons parlé. La première amène ces réactions entre les véhicules qui produisent des augmentations momentanées de vitesse. Quant au rôle qu'elle joue dans le retard apporté à l'arrêt, on peut l'évaluer d'après les chiffres des expériences. Prenons par exemple dans la section E les deux systèmes Westinghouse, les espaces parcourus sont respectivement de :

Pour le frein à air comprimé.......... (Midland, n° 1) :	251^m,4
Pour le frein pneumatique.......... (L. B. and S.-C.).	467 ,2
Différence.........	215^m,8

Or on a vu que la durée de la transmission du serrage était de 1 sec. $\frac{1}{2}$ pour le premier et de 7 sec. $\frac{3}{4}$ pour le second, ce qui correspond, pour une vitesse de 83 kilom. à l'heure, à des parcours de 34^m,60 et de 178^m,70 ; différence : 154^m,10, soit 0,71 de la différence totale.

La seconde cause produit dans la courbe des forces cette série d'oscillations que l'on ressent d'une manière souvent désagréable lors d'un arrêt rapide. Sous ces variations de pression, les sabots prennent et lâchent alternativement les bandages, amenant des glissements, suivis de roulements brusques, qui fatiguent considérablement les essieux et les attelages, et ces phénomènes ne cessent qu'après une grande réduction de la vitesse et le calage à peu près complet des roues.

Le frein Westinghouse à air comprimé se présente encore avec avantage sous les points de vue dont il s'agit : rapidité, grandeur et uniformité de l'action ; il semblerait que la première de ces qualités est, pour ainsi dire, une conséquence du principe sur lequel il est fondé, tandis que des perfectionnements de détail pourraient (et c'est ce qui a eu lieu effectivement depuis) améliorer le fonctionnement des autres systèmes sous le rapport des deux dernières.

Chocs. — Si l'action des freins était une force constante, analogue à celle de la gravité sur un train qui remonte une rampe, on pourrait effectuer l'arrêt dans des laps de temps plus courts que ceux qui résultent des expériences, sans donner lieu à aucun choc. Cette question n'est donc qu'une face de la précédente ; et tout frein, à la fois rapide, puissant et exerçant une pression uniforme, aura l'avantage

d'épargner au matériel, ainsi qu'à son chargement, voyageurs ou marchandises, des chocs destructeurs.

« Pratiquement, dit M. Woods, on n'a trouvé aucun « inconvénient à arrêter en dix-huit secondes un train « de 200 tonnes, muni d'un bon appareil et marchant à « plus de 80 kil. à l'heure ; généralement les arrêts ne « produisirent aucune sensation désagréable, bien que « parfois on ait éprouvé des secousses assez sensibles, « au moment de l'arrêt absolu, par suite des réactions des « tampons. »

Cependant le rapporteur insiste sur la nécessité de perfectionner certains détails, notamment dans le frein Westinghouse à air comprimé, et cite des cas de secousses désagréables, et même des ruptures de raccords dans les manœuvres de trains faites en dehors des expériences.

Il ajoute qu'on doit absolument éviter de placer des bagages lourds et volumineux dans les filets des voitures à voyageurs, mais que les secousses résultant d'un arrêt rapide ne peuvent nuire aucunement à des bagages convenablement arrimés dans un fourgon.

Desserrage. — Les temps nécessaires au desserrage des freins continus atteignent, comme on l'a vu, des proportions souvent exagérées, et dangereuses dans le cas où un recul rapide du train serait obligatoire. Il y aurait encore des perfectionnements à apporter aux appareils à cet égard, notamment dans le système Smith.

2° *Sabots des freins.* — Les sabots des freins expérimentés étaient de deux espèces différentes (V. le tableau des trains) en bois et en fonte. Mais aucune indication n'est venue faire accorder généralement la préférence aux uns sur les autres ; il est vrai que l'usure des sabots métalliques est plus lente, mais le calage des roues ne s'effectue pas plus tôt, excepté cependant par les temps pluvieux, lorsque les bandages sont couverts d'une mince couche de boue ; dans ce cas, cette couche est chassée par

le sabot de fonte, tandis qu'elle pénètre dans le sabot de bois et en retarde l'action.

Les doubles sabots paraissent préférables aux sabots simples qui n'agissent que sur un côté de la roue, et qui tendent, si l'effort est considérable, à fausser les plaques de garde, quand le calage des roues se produit.

3° *Contre-vapeur.* — Nous avons vu que le rapport se prononçait contre l'usage de la contre-vapeur, comme moyen d'arrêt rapide d'un train, malgré la faveur dont ce genre de freins jouit sur le continent. M. Woods reconnaît pourtant que sur certaines lignes, en particulier sur celle des Highlands, le frein Le Châtelier rend de grands services comme auxiliaire du frein ordinaire, et cite l'opinion de l'ingénieur de la traction du chemin écossais précité, qui l'a appliqué à 60 machines sur 67 :

« En général, on ne l'emploie pas tous les jours, et jamais « pour l'arrêt à une station dans les conditions ordinaires « de vitesse ; la plupart des mécaniciens ne s'en servent « pas davantage pour modérer la descente d'un train en « temps ordinaire, mais tous peuvent citer des cas où cet « appareil a été fort utile, spécialement pour descendre « sur des pentes couvertes de neige, quand les freins or- « dinaires n'exercent plus d'action. »

Le chiffre qui suit présente de l'intérêt au point de vue de l'usage de la contre-vapeur sur les pentes. En renversant le levier, de manière à suspendre l'admission à 40 p. 100, l'effort de la contre-vapeur suffit exactement à empêcher l'accélération de vitesse d'un train de 180 tonnes brutes, sur une pente de 0,014.

Qualités caractéristiques d'un bon frein. — M. Woods résume dans l'énumération suivante les conditions que doit remplir un système de freins continus, telles qu'elles résultent des expériences faites à Newark, ou par les Compagnies elles-mêmes, sur des trains lourds et marchant à de grandes vitesses :

1° L'action du frein doit s'appliquer à toutes les roues du train.

2° La pression exercée par les sabots doit suffire à caler les roues quand la vitesse est devenue modérée.

3° Le mécanicien doit avoir sous la main la totalité de la puissance des freins, et être maître de l'appliquer sans retard, d'autant plus qu'il est en général le premier à voir les obstacles, et qu'il est responsable en première ligne de l'exécution des indications des signaux; il peut alors arrêter le train sans perdre du temps à signaler le danger aux garde-freins.

4° Chaque conducteur doit posséder des moyens analogues d'appliquer les freins continus, afin de pouvoir arrêter le train sans s'adresser au mécanicien, dans certains cas où le conducteur seul aperçoit le danger, comme une rupture d'essieu ou le déraillement d'une voiture.

5° L'action des freins doit pouvoir être mesurée à volonté par le mécanicien, qui n'en appliquera qu'une portion modérée aux arrêts ordinaires, tenant en réserve un excédant de puissance pour les cas d'urgence ou pour les temps humides.

6° Le mécanicien et le conducteur ne doivent avoir à exercer qu'un effort très-modéré pour appliquer les freins dans toute leur énergie.

7° La pression doit être constante et distribuée le plus également possible sur toutes les roues; elle doit s'exercer par l'intermédiaire d'un corps élastique, afin d'éviter des chocs et des réactions, susceptibles de rompre les attelages et d'amener des accidents pour les voyageurs.

8° Les dispositions de l'appareil doivent être simples de construction, non susceptibles de se déranger aisément; elles doivent se prêter facilement aux réparations.

9° Le mécanicien et le chauffeur doivent pouvoir être constamment informés du bon ou mauvais état de l'appareil.

10° Il est prudent de se réserver la possibilité de manœuvrer à la main le frein du tender et des fourgons, concurremment avec l'emploi des freins continus.

11° Les freins doivent être automatiques en cas de rupture de trains, et les conducteurs doivent pouvoir se rendre maîtres de la vitesse des tronçons séparés.

12° Les garde-freins doivent avoir les moyens de supprimer instantanément les effets de l'action automatique des freins, suivant les circonstances où peut se trouver un train à la suite d'un accident.

13° Il peut y avoir des dangers à permettre aux voyageurs d'agir directement sur les freins.

Quant au degré même de puissance auquel un système de freins continus doit atteindre, M. Woods l'exprime par les distances dans lesquelles un train doit pouvoir être arrêté, dans différentes conditions de vitesse, en s'appuyant sur les expériences de Newark, et donne aux Compagnies le programme suivant à réaliser :

VITESSES en kilomètres à l'heure.	DISTANCES EN MÈTRES.
96	364
88	310
80	250
72	200
64	164
56	122
48	91

Conclusions de la Commission royale. — La Commission royale réduit les conditions à imposer aux Compagnies à la recommandation unique suivante : « Un train ne sera considéré comme convenablement équipé (*properly equipped*) « que s'il est pourvu d'un système de freins capable d'a-« mener l'arrêt absolu en moins de 450 mètres, quelle que « soit sa vitesse, et quelle que soit la pente de la ligne. » La Commission demande que cette recommandation soit

insérée dans la loi, et que le *Board of Trade* soit muni de pouvoirs suffisants pour en sanctionner l'exécution.

La Commission de la Chambre des lords a cru devoir reconnaître les efforts faits par les Compagnies de chemins de fer (*) en renonçant à exercer sur elles une action coercitive légale. Le rapport fut d'ailleurs publié à une époque trop avancée de l'année 1877 pour pouvoir être soumis au Parlement pendant cette session. « Mais, écrit M. Woods, « les recommandations de la Commission royale ont d'autant plus de poids que, si elles étaient méconnues par « les Compagnies et qu'il se produisit des accidents dus à « l'insuffisance des moyens d'arrêt, la responsabilité des « Compagnies envers le public, comme envers les parties « lésées, se trouverait matériellement aggravée. »

APPENDICE.

EXPÉRIENCES FAITES SPONTANÉMENT PAR LES COMPAGNIES DES DIVERS SYSTÈMES DE FREINS CONTINUS.

1° *Réponses au questionnaire adressé par le Board of Trade aux Compagnies.* — En 1876, les Compagnies engagées dans l'*Association* nommèrent, sur la demande du *Board of Trade*, des délégués chargés de s'entendre avec les inspecteurs du gouvernement.

Les mêmes Compagnies viennent tout récemment de faire connaître les expériences faites spontanément par elles à diverses époques, ainsi que les conditions actuelles d'usage des freins continus dans l'exploitation de leurs

---

(*) Voir l'appendice.

réseaux. Elles avaient reçu en avril 1877 du ***Board of Trade*** un questionnaire conçu dans les termes suivants :

1° Y a-t-il eu des expériences faites sur les freins continus? Quelles sont-elles?

2° Avec quels systèmes de freins?

3° Où et quand?

4° Quels en sont les résultats :

(*a*) Quant à leur efficacité dans l'arrêt des trains, et spécialement quant à la possibilité de les appliquer instantanément, et à leur action automatique en cas d'accident ;

(*b*) Quant à la facilité de serrage et desserrage ;

(*c*) Quant à leur entretien et leur durée?

5° A-t-on en vue de nouvelles expériences, et dans ce cas, peut-on s'attendre à de nouveaux renseignements, et dans quel délai les aura-t-on?

6° Quel est le nombre de machines et de voitures munies de freins continus? Les énumérer séparément.

7° Dans quels trains ces freins sont-ils en usage? Spécifier la nature du train et du frein.

8° Quelles mesures ont été prises pour faire profiter les autres Compagnies des expériences faites?

Les vingt Compagnies constituant l'*Association* envoyèrent immédiatement leurs réponses, qui furent présentées aux Chambres en 1877 et publiées. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de résumer, au moins en partie, ce document, et nous avons dressé le tableau ci-après, où les colonnes 3, 4, 5, 6 et 7 se rapportent en général à des systèmes définitivement adoptés ou au moins en service régulier. Nous avons omis à dessein les appréciations des Compagnies sur les différents systèmes, notre intention n'étant pas de les comparer, mais simplement de faire connaître l'étendue actuelle de l'usage des freins continus dans l'exploitation des chemins anglais. (V. tableau [1].)

Il faut ajouter au tableau ci-après les Compagnies suivantes qui n'ont pas répondu aux questions du ***Board of***

Trade parce qu'elles n'exploitent pas directement leur réseau :

Bristol-Exeter. . . . . Ligne exploitée par le Great Western.
South-Devon. . . . . — —
Metropolitan district. . . . Ligne exploitée par le Metropolitan.
Trent, *Ancholme*, *Grimsby*,
West-Riding, *Grimsby*.

On parvient ainsi à une longueur totale de 12.000 milles environ, c'est-à-dire les $\frac{4}{5}$ de l'ensemble des réseaux du Royaume-Uni.

Le tableau montre jusqu'à quel point la plupart des Compagnies anglaises ont senti la nécessité de mettre leur matériel roulant au niveau des perfectionnements apportés aux signaux dans l'intérêt de la sécurité de la circulation des trains. Le gouvernement anglais l'a compris ainsi ; et en adressant à l'*Association* le questionnaire qu'on a vu plus haut, M. Edward Stanhope, membre du *Board of Trade*, écrivait le 21 avril 1877 : « Il est à peine nécessaire « de répéter ce qui a été annoncé à votre députation, le « 18 courant : le comité du duc de Somerset a trouvé « dans les renseignements recueillis sur les progrès faits « par les Compagnies dans l'adoption des perfectionne- « ments en question, des motifs suffisants pour éviter de « recommander le vote de mesures législatives d'un carac- « tère coercitif. »

On voit que le comité d'études constitué par les Compagnies n'a pas été inutile.

1° Tableau des systèmes de freins continus actuellement en usage dans l'exploitation courante.

NUMÉROS.	COMPAGNIES.	SYSTÈMES de freins.	LIGNES.	NOMBRE et nature des trains.	NOMBRE DES machines.	NOMBRE DES voitures et fourgons.	OBSERVATIONS.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Caledonian.	Westinghouse (non automatique). Steele Mc Innes (automatique). Clark and Webb (non automatique).	Wemyss Bay. Edinburgh-Glasgow. West-Coast-Route.	Voyageurs.	2 2 »	20 13 108	En essai depuis 6 ans.— On fait en ce moment de nouvelles expériences comparatives entre les freins automatiques Westinghouse (2 trains) et Clark-Webb (1 train). — Les expériences sur les trains entre l'Écosse et l'Angleterre durent depuis un an (West-Coast-Route), frein Clark (non automatique); celles sur le frein Mc Innes depuis 2 ans (automatique).
2	Furness.	»	»	»	»	»	Ligne exploitée par les compagnies du London North Western et du Midland.
3	Glasgow and South Western.	Westinghouse (automatique).	Glasgow-Carlisle.	Express.	22	20	Depuis août 1876.
4	Great Eastern.	Smith (pneumatique). Barker (hydraul.). Clark (à chaîne). Fay	Walthamston branch. London Ipswich-Norwich. Enfield Branch. Idem. Loughton Branch. Saint-Pancras.	4 ordinaires. 2 express. 5 ordinaires. 3 — 3 — 1 —	11 » » »	75 49 27 3	Pas d'expériences spéciales. Ces divers systèmes sont employés concurremment en exploitation courante.
5	Great Northern.	Smith (pneumat.). Clark (à chaîne).	London-Manchester. Cambridge Branch. Boston Branch.	7 express. 2 ordinaires.	60 »	168 12	Expériences spéciales entre Doncaster et Lincoln en 1876 et 1877. — Tableaux publiés. (V. plus loin, n° 2.)

6	Great Western.	»	»	»	»	»	Essais depuis plusieurs années des systèmes Clark, Newall-Fay, Barker, Smith, Grove et Sanders. Ce dernier seul fonctionne encore d'une manière satisfaisante, entre Swindon et Taunton, appliqué à 13 machines et 42 voitures. En outre, la Compagnie fait des expériences sur le frein à vapeur, appliqué à la locomotive seule.
7	Highland.	Newall.	Ligne principale.	Through trains.	»	toutes.	Depuis 1863. — Toutes les machines sont pourvues du frein à vapeur.
8	Lancashire-Yorkshire.	Newall-Fay (main).	Réseau.	tous.	toutes.	toutes.	Depuis 1857. — En outre, essais sur 2 machines et 8 voitures du frein Westinghouse automatique et sur 2 machines et 8 voitures du frein pneumatique Smith, entre Bacup et Manchester.
9	London, Brighton, and South-Coast.	Westinghouse. Barker. Edwards.	London-Brighton. London-bridge, Victoria, par Crystal-Palace. Hayward's Heath-Brighton.	»	»	»	N'a fait que des expériences. La Compagnie va appliquer à 30 machines le frein à vapeur Stroudley.
10	London, Chatham, Dover.	Westinghouse (automatique).	Ligne principale.	2 express continentaux.	4	20	Expériences faites en 1874 avec le frein Westinghouse non automatique.
11	London North Western.	Fay. Clark and Webb.	Réseau.	tous les trains.	»	943 712	Expériences faites avec les freins Westinghouse et Heberlein. — Le frein Fay a été appliqué depuis 1862 à l'express d'Irlande; en 1872, aux trains métropolitains; et aujourd'hui la Compagnie applique partout le frein Clark perfectionné par M. Webb, qui a également imaginé un frein hydraulique pour machines, en usage sur le Métropolitain. —La Compagnie a adressé au Board of Trade des dessins et le règlement des garde-freins. (Voir n° 9.)

Suite du tableau précédent.

NUMÉROS.	COMPAGNIES.	SYSTÈMES de freins.	LIGNES.	NOMBRE et nature des trains.	NOMBRE DES machines.	NOMBRE DES voitures et fourgons.	OBSERVATIONS.
1	2	3	4	5	6	7	8
12	South Western.	La Compagnie n'a pas fait d'expériences sur les freins continus.					
13	Manchester, Sheffield, Lincolnshire.	N'a pas donné de détails. — Frein pneumatique sur 4 express et quelques trains locaux.					
14	Métropolitain.	Smith (pneumat).	Réseau.	tous.	44	100	Depuis 1865. — Expériences avec les freins Newall et Clark.
15	Midland.	Westinghouse (automatique).	London à St-Albans, Luton. Bedford et Northampton. London à Carlisle.	16 tr. voyageurs.	57	166	En outre, nombreuses séries d'expériences comparatives sur trains spéciaux ou dans le service courant avec les freins Wilkin et Clarke (1870) Westinghouse (1873-74-75), Clarke hydraul. (1875), et Smith pneumat. (1877). La Compagnie a dressé des tableaux très-complets mis à la disposition du Board of Trade.
		Barker (hydraul.).	London à Bedford et Northampton.	6 —	2	26	
		Smith (pneumat.).	London à Manchester.	»	12	29	96 voitures sont en outre munies des tubes de transmission du frein Westinghouse, et 32 du frein Smith.

16	North British.	Westinghouse (automatique).	Édinburgh-Carlisle-Glasgow, Helensburgh Balloch.	Express, tous les trains.	15	100	Expériences sur les systèmes Westinghouse et Smith (1876) : 1 machine et 10 voitures pourvues de ce dernier appareil. — Tableaux d'expériences. (Voir plus loin.)
17	North Eastern.	Newall et Fay.	Embranchements.	»	»	161	La Compagnie a appliqué le frein Newall-Fay pendant 15 ans. Elle a fait une série d'expériences sur les freins Westinghouse, Heberlein et Smith; ces expériences continuent. Des tableaux très-complets sont joints à la réponse de la Compagnie, qui, par sa position de réseau intermédiaire, n'a pas l'entière liberté de son choix. (V. plus loin.)
		Westinghouse.	Newcastle-Durham. — Berwick. — Carlisle.	» » »	7	51	
18	North London.	Clark-Webb et frein à vapeur Webb sur les machines.	Réseau.	23 (les autres avec le frein Clark à chaîne).	»	»	Nombreuses expériences pendant 25 ans; on s'est arrêté définitivement au frein Clark perfectionné par M. Webb, qui sera peu à peu appliqué à toutes les voitures (1874). (V. plus loin).
19	North Staffordshire.	Fay.	Réseau.	tous.	»	»	Expériences du frein Clark depuis 1875, sur un train.
20	South Eastern.	Smith.	London-Dover. — Hastings.	Express continentaux.	16	94	Expériences (tableau) 10 août 1874. (V. plus loin.)

2° Expériences sur le frein Smith. —

DESCRIPTION des trains.	DÉCLIVITÉS P pente. R rampe.	VITESSE en kilom. à l'heure.	PARCOURS sous l'action des freins en mètres.	DURÉE en secondes.
(1) 13 voitures, 2 fourgons, machine à voyageurs à roues de 2m,15 non couplées, tender à 6 roues, frein appliqué à la machine et au tender.	P = 0,00505 R = 0,000909 P = 0,0025 P = 0,000909 P = 0,00505	90 64 80 72 96	325 140 235 248 316	21 17 16 23 23
(2) 8 voitures. (Le reste comme ci-dessus.)	Palier d° R = 0,0025 Palier (1) P = 0,0025 R = 0,001515	76 96 88 76 72 90	226 322 225 355 231 316	18 22 20 23 20 »
(3) 11 voitures. (Id.)	P = 0,005 R = 0,005 P = 0,000682 P = 0,005 P = 0,005	76 55 96 84 91	285 171 303 273 358	21 17 22 21 24
(4) 10 voitures. (Id.)	Palier P = 0,005 P = 0,00567 P = 0,0025	80 96 90 90	283 375 293 269	18 22 20 20
(5) Id. (Id.)	P = 0,005 P = 0,0025 Palier P = 0,0025	96 99 85 86	377 348 284 310	24 27 22 22

Expériences sur le

10 voitures, 2 fourgons, machine à roues couplées de 1m,99, frein appliqué à toutes les roues du train.	P = 0,00505 P = 0,005 Palier id. (2)	80 99 80 90	411 626 635 344	33 41 50 27 1/2

Compagnie du Great-Northern.

POIDS total du train complet.	DATE.	LIEU des expériences.	OBSERVATIONS.
221	mars 1876.	Entre Doncaster et Lincoln.	
164,8	Id.	Id.	(1) Le tube de communication était ouvert à l'extrémité du train.
197,6	Id.	Embranchement de Cambridge.	
198,6	mai 1876.	Entre Doncaster et Lincoln.	
170,2	mars 1877.	Id.	
Frein Clark à chaîne.			
[illegible]	mars 1877.	Ligne principale, entre Doncaster et Peterborough.	Frein à main du tender employé en même temps que le frein à chaîne. (2) Le frein pneumatique a été appliqué à la machine et au tender.

3° Expériences comparatives entre les freins Smith et Westinghouse (auto[...] bourg et Glas[...]

S — Frein Smith. — W — F[...]

		1 S	1 W	2 S	2 W	3 S
Vitesse en kilomètres à l'heure.		48	48	64	64	64
Durée du parcours sous l'action des freins, en secondes.		17,2	13,0	20,2	16,0	23,0
Parcours — en mètres.		146,3	100,0	225,5	167,6	262,1
Puissance des freins en kilogrammes par tonne de poids brut.	Calculée d'après le temps.	75	100	79	100	69
	Calculée d'après le parcours.	68	100	74	100	64
Vitesse en kilomètres à l'heure après un parcours de.	150 mètres.	»	»	44,25	27,35	52,3
	270 mètres.	»	»	»	»	»

4° Expériences sur le frein Westinghouse (air comprimé, non automatique) faite[...] la compagnie du North Eastern, entre Newcastle et Berwick, les 22 ma[...] 6 avril 1876.

Train de 86 roues, toutes munies de sabots (22 en bois, 64 en fonte).

NUMÉROS des expériences. 1	DÉCLIVITÉS — P pentes. 2	POIDS total des trains en tonnes. 3	VITESSES kilom. à l'heure. 4	VITESSES mètres par seconde. 5	DISTANCES parcourues sous l'action des freins (mètres). 6	DURÉE du parcours (secondes) 7	RÉSISTANCE en kilogr. par tonne. 8	OBSERVATIONS. 9
1	P = 0,00378	233,48	72	20,00	386,8	11	56,2	On a ajouté, pour te[...] compte des pentes, 1 ki[...] gramme par tonne et p[...] millimètre de pente.
2	P = 0,00667		87	24,17	509,3	36	65,0	Les nombres de la c[...] lonne 8 sont donc calc[...]
3	P = 0,00265		76	21,11	353,9	24 1/2	66,5	par la formule $\frac{V^2}{2gl}$ + [...]
4	P = 0,00526		87	24,17	560,5	33	58,2	exprimés en kilogram[...] par tonne.
5	P = 0,003125	255,14	78	21,67	389,5	27	64,3	
6	P = 0,00454		84	23,34	463,5	29	64,1	
7	P = 0,00667		84	23,34	457,2	28 1/2	67,1	
8	Palier		96	26,67	507,5	30 1/2	71,1	
9	Palier		87	24,17	420,6	26 1/2	70,6	
10	P = 0,00588		86	23,89	512,0	31	62,4	
11	P = 0,00212		80	22,22	395,9	27 1/2	66,1	

…primé), exécutées par la compagnie du North British Railway, entre Édim-
…écembre 1876.

…ique Westinghouse.

4	5		6		7		8		9		10	
W	S	W	S	W	S		S	W	S	W	S	W
84	78	78	78	78	80	80	86	86	88	88	90	[illegible]
[illegible]	27,0	19,0	26,0	19,0	27,0	18,7	28,0	21,0	28,0	21,0	26,0	26,2
[illegible]7,6	380,0	243,2	358,1	243,2	364,2	236,8	426,7	290,2	419,0	304,8	357,2	332,9
100	70	100	73	100	69	100	75	100	75	100	Égalité.	
100	64	100	68	100	65	100	73	100	76	100	Égalité.	
2,5	75,2	56,3	70,8	56,3	71,2	53,9	78,0	65,2	80,5	62,8	72,4	69,6
»	56,3	»	48,3	»	49,9	»	58,3	24,0	61,5	11,3	45,50	45,90

5° Expériences sur le frein Westinghouse (air comprimé, automatique), faites par la compagnie du North Eastern, entre Newcastle et Berwick, le 28 février 1877.

Train de 15 voitures et 2 fourgons, locomotive et tender.

NUMÉROS des expériences.	DÉCLIVITÉS : P — pentes, R — rampes.	VITESSE en kilom. à l'heure.	PARCOURS sous l'action des freins.	DURÉE du parcours.	RÉSISTANCE : $\frac{V^2}{2gl}+P$.	OBSERVATIONS.
1	Palier	64	175,2	15 1/2	91,6	
2	P = 0,00461	70	194,4	16 3/4	103,3	
3	P = 0,00667	82	249,9	19 1/2	112,0	
4	P = 0,00265	84	251,1	11	109,3	
5	P = 0,00204	58	131,7	14 1/4	102,1	
6	P = 0,00022	84	278,0	21 3/4	99,6	
7	P = 0,00263	77	268,2	20 3/4	89,1	
8	P = 0,00588	68	234,7	16 1/2	83,1	
9	R = 0,00167	56	137,2	13 3/4	»	Régulateur ouvert.
10	Id.	64	195,1	17	»	
11	Id.	66	190,5	17	»	
12	Id.	77	236,2	18	»	

6° Expériences faites sur le frein pneumatique Smith, entre York et Starbeck, par la compagnie du North Eastern, le 24 mai 1876.

Train de 12 voitures. Frein appliqué à 74 roues sur 76. Poids total = [illegible]^t,5

Rails secs pour la 1re expérience, humides pour les 6 autres.

NUMÉROS.	DÉCLIVITÉS P — pentes	VITESSE EN KILOM. à l'heure.	PARCOURS sous l'action des freins.	DURÉE du parcours en secondes.	RÉSISTANCE en kilog. par tonne : $\frac{V^2}{2gl}+P$.	OBSERVATIONS.
1	P = 0,00083	90	396,8	25	80,7	
2	Palier.	83	313,6	24	86,0	
3	Palier.	60	225,8	19 1/2	62,4	Emploi de sable; le chauffeur tenait le frein du tender.
4	P = 0,00575	85	317,3	22 1/2	94,8	
5	Palier.	68	256,9	17	70,5	
6	Palier.	74	229,5	18	93,4	
7	P = 0,00769	67	229,5	32	84,3	Les freins de la machine et du tender n'ont pas été employés. On a fait fonctionner ceux des voitures par une pompe placée dans le fourgon de tête.

7° Compagnie du North London Railway. — Usage du frein Clarke-Webb en exploitation courante.

Un train de 90 tonnes remorqué par une machine de 44 tonnes peut être arrêté dans sa propre longueur, sur palier et à la vitesse de 44 kil. à l'heure. Si la vitesse n'était que de 32 kil. à l'heure, il suffirait d'appliquer les freins sur une portion du train pour obtenir le même résultat.

Prix du frein à chaîne perfectionné : 600 francs par fourgon et 300 francs par voiture.

Frein à vapeur de la machine : 1.000 francs.

Nous citerons en outre pour mémoire :

1° Les expériences faites sur le frein Westinghouse (air comprimé) par les compagnies du Caledonian Railway, entre Glasgow et Wemyss Bay, et du London and North Western Railway entre Stafford et Crewe, rapportées par M. Malézieux, *Annales des ponts et chaussées*, t. V, 1873, p. 38 ;

2° Les expériences comparatives entre les freins Westinghouse et Smith, faites sur le Great Eastern Railway et dont il a été question plus haut (p. 144).

[illegible]pagnie du South Eastern Railway. — Expériences sur le frein pneumatique Smith, faites entre London Bridge et Ashford le 10 août 1874.

[illegible] 6 grandes voitures pesant environ 55 tonnes; 3 petites voitures pesant 15 tonnes et machine à roues couplées de 40 tonnes.

POINT [illegible] train a été arrêté.	TEMPS EMPLOYÉ en secondes.	DISTANCE parcourue en mètres.	VITESSE en kilom. à l'heure.	OBSERVATIONS.
		Aller.		
[illegible] avancé d'Orpington.	35	320	64	Violente averse. Emploi de sable.
[illegible] Green	28	228	96	Arrêt sur une pente.
[illegible] de Seven Oaks	28	424	80 à 96	»
[illegible]borough	33	424	»	Signal donné du fourgon.
[illegible] avancé de Tunbridge ([illegible] descendante)	21 1/2	264	80	»
[illegible]ck Wood	32	275	80	»
[illegible] Paddock Wood et [illegible]den	25	»	64	Signal donné du fourgon de tête.
[illegible]hurst	23	»	»	Presque arrêté. Desserrage pour entrer en gare.
[illegible]dorn	24	»	»	Arrivée en vitesse à la station, et arrêt absolu avant d'atteindre les quais.
[illegible]	90	»	»	Arrêté sans usage de freins pneumatiques; desserrage pour atteindre les quais.
[illegible]	»	»	»	Passage en vitesse à travers la station et arrêt brusque avant d'arriver à l'extrémité.
		Retour.		
[illegible]	75	»	»	Régulateur fermé avant le signal avancé; arrêt à l'entrée de la gare.
[illegible]dorn	23	477	»	»
[illegible]hurst	115	»	»	Arrêt ordinaire devant les quais.
[illegible]ddock Wood	»	»	80	Signal fermé. Régulateur fermé à 450 mètres du signal avancé; arrêt à 180 mètres.
[illegible]bridge	27	»	88	Averse de neige. Régulateur ouvert jusqu'en vue du signal, arrêt à 180 mètres; signal fermé.
[illegible]ven Oaks	»	»	»	Frein pneumatique; arrêt avant les quais.
[illegible]ehurst	36	320	104 à 112	En vapeur jusqu'à 30 mètres du pont du chemin de fer de L. C. Dover; pente.
[illegible]ve Park (signal avancé)	26	118	80	»
[illegible]ection de Park's Bridge	30	»	»	Signal ouvert; on a supposé un train passant aux aiguilles; arrêt au signal avancé, à 90 m. du croisement
[illegible] Cross	27	»	»	En vapeur jusqu'au signal d'arrêt; train arrêté au milieu de la gare.

9° Compagnie du London and North Western Railway. — Instruction pour l'usage du frein Clark et Webb.

Plusieurs voitures munies du frein continu breveté, doivent circuler dans des trains de vitesse sur la ligne principale. Les conducteurs sont tenus d'observer attentivement le fonctionnement de ces freins et de noter toutes les circonstances particulières qui se rattachent à leur emploi.

1° Le levier de manœuvre du frein continu est distinct de celui du frein du fourgon, et bien que placé dans le fourgon, n'agit pas sur ses roues.

2° On n'emploiera que les freins du fourgon pour les arrêts ordinaires aux stations, soit intermédiaires, soit terminales, sauf dans les cas des §§ 4 et 5.

3° On ne doit pas employer le frein continu d'une manière habituelle, ni pour l'arrêt d'un train à l'entrée d'une gare terminale, mais les gardes doivent être tout prêts *à l'appliquer immédiatement au coup de sifflet donné par le mécanicien*, ou dans les cas où un train aurait dépassé, ou serait sur le point de dépasser un signal fermé, ou traverserait trop vite une station, ou entrerait trop rapidement dans une gare terminale, ou en général, chaque fois qu'on jugera nécessaire d'arrêter le train plus vite qu'on ne peut le faire avec les freins ordinaires des fourgons.

4° Afin de s'assurer que le frein continu est maintenu en bon état, on l'appliquera toujours à la place des freins ordinaires pour l'arrêt du train à la première station qu'il doit desservir...

5° Si la continuité de la chaîne de connexion du frein a été interrompue à quelque station, pour effectuer la division du train en sections, ou pour atteler ou dételer des voitures, les gardes devront appliquer le frein continu à la première station à laquelle le train s'arrêtera.

6° Si l'on ne trouve pas le frein en parfait état de fonctionnement et que les gardes ne puissent immédiatement faire les réparations nécessaires, ils doivent en informer de suite le mécanicien pour qu'il en tienne compte.

7° Chaque fois qu'on appliquera le frein continu excepté au premier arrêt, *les gardes devront noter sur leur journal les motifs de cet emploi.*

8° Les gardes doivent se rappeler que le frein continu n'est pas destiné à remplacer les freins ordinaires, mais que dans toute circonstance qui nécessitera l'usage du frein continu, ils devront aussi serrer les freins ordinaires.

On trouvera aux stations suivantes des agents spécialement chargés d'inspecter l'appareil du frein continu; toute défectuosité survenant dans son fonctionnement doit leur être signalée par les gardes, dès l'arrivée du train à ces stations; un rapport spécial sera en outre adressé à l'ingénieur de la traction.

(*Suivent les noms des stations.*)

10° Description sommaires des divers systèmes de freins expérimentés.

1° et 2° *Freins Westinghouse à air comprimé et frein pneumatique Smith.* — Nous renvoyons le lecteur aux sources indiquées dans la note (*) de la page 120.

3° *Frein Clark et Webb.* — Le principe de cet appareil est le suivant : une chaîne continue est maintenue constamment à l'état de tension dans la longueur d'un train (ou plutôt d'une section de 4 à 5 voitures); cette chaîne s'enroule sur un tambour placé sous le fourgon, se relie aux extrémités des leviers portant les tiges articulées des sabots, et vient s'attacher au châssis de la dernière voiture. Pour effectuer le serrage (perfectionnement Webb), le conducteur abaisse un levier qui rapproche le tambour de l'essieu du milieu du fourgon et en détermine la rotation

N° 9

LA CONSOMMATION ET LES PERTES

DANS

LES DISTRIBUTIONS D'EAU.

Mémoire lu à la Société américaine des ingénieurs civils par M. James H. Harlow.

Traduit par M. GARIEL, ingénieur des ponts et chaussées.

La distribution de l'eau dans les villes pour les usages des particuliers et de l'industrie a pris une grande importance pendant les dix dernières années dans les questions qui se rattachent à l'art de l'ingénieur; l'un des éléments essentiels qui s'imposent lors de l'étude de projets relatifs à ces problèmes est, sans contredit, la quantité probable d'eau consommée. Cette quantité peut varier d'une manière considérable, comme le montre le tableau I ci-joint. Les données en ont été fournies en ce qui concerne les quantités d'eau par les rapports annuels publiés par les villes mêmes; les chiffres de population ont été extraits pour les années 1850, 1860 et 1870 du recensement officiel des États-Unis et, pour les années intermédiaires, ils ont été calculés proportionnellement. Ces chiffres ne concordent pas toujours avec ceux qui sont fournis par les documents publiés annuellement par les villes; mais on sait que, dans ce cas, il y a une tendance générale à exagérer le chiffre des populations urbaines.

Pour faciliter la comparaison, nous avons réduit ce ta-

bleau I en un diagramme (Pl. 5, *fig.* 1) représentant la consommation de l'eau ***par habitant*** dans chacune des villes figurant au tableau.

L'examen de ce diagramme montre que la tendance générale, sauf cependant pour Boston, est une augmentation de la consommation par tête. Cette différence tient, dans une certaine mesure, à la variation du rapport du nombre des abonnements au chiffre de la population; mais il importe d'examiner la question de plus près.

Dans le cas où le rapport du nombre des abonnements au chiffre de la population n'a pas varié, nous trouvons les exemples suivants :

	Rapport p. 100.	Consommation par tête. litres.
Boston, 1872, 1873.	15,2	212,9 et 243,6
Détroit, 1853, 1859, 1860. . . .	15,2	115,6, 182,5 et 198,10
Boston.	12,6	247,0
Cleveland, 1858.	12,6	44,8
Louisville, 1868.	3,3	83,1
Buffalo, 1869.	3,3	138,5
Chicago, 1861.	5,6	149,5
Brooklyn, 1863.	5,6	80,4

On voit que, pour des villes dans lesquelles ce rapport est le même, la consommation par tête varie et qu'elle ne reste pas constante pour une même ville, le rapport ne changeant pas. Il est probable que la température n'est pas sans effet sur la consommation de l'eau : on sait que les chaleurs ou les froids extrêmes amènent un plus grand écoulement de liquide. Les années d'observation n'étant pas les mêmes et la position géographique étant très-différente, cette considération ne paraît pas pouvoir intervenir.

Il est d'usage de déterminer la quantité d'eau qui est probablement nécessaire dans une ville en évaluant le chiffre de la population et attribuant un certain volume de liquide par tête. On admet ainsi que le volume d'eau nécessaire pour un habitant est sensiblement invariable, ce qui est à peu près exact.

Cette hypothèse serait rigoureuse si les deux villes à comparer étaient semblables; mais l'examen du tableau I montre qu'il n'en est pas ainsi et que, pour 1873, par exemple, les quantités d'eau par tête et par jour ont été respectivement :

41lit,4, 82,7, 103,2, 122,9, 128,3, 146,1 171,1, 178,7, 185,6, 209,5, 240,6, 261,5, 274,8, 294,9, 341,9, 430,3 et 457,3,

de telle sorte que pour deux villes, la différence a été au moins de 5l,4 et a pu atteindre 415l,9. La moyenne pour cette année est de 215l,95 par jour et par tête pour ces 17 villes : pour 9, la consommation a été inférieure à la moyenne; elle a été supérieure pour les 8 autres. Les différences extrêmes avec la consommation moyenne sont de 172l,70 en moins et 243l,90 en plus.

Si nous rangeons ces villes d'après les quantités d'eau consommées par tête en indiquant par un chiffre arabe leur ordre, eu égard à la population, nous obtenons le résultat suivant :

41,4	82,7	103,2	122,9	128,3	146,1	171,1	178,7	185,6	209,5
XI	XII	V	XIV	XVII	XIII	X	VII	XVI	I

240,6	261,5	274,8	294,9	341,9	430,3	457,3
III	IV	XV	II	IX	VIII	VI

La ville qui a la population la plus nombreuse présente une consommation qui ne diffère que de 6l,45 de la consommation moyenne; on voit que, sauf deux exceptions, les villes qui ont la plus grande population sont aussi celles pour lesquelles la consommation par tête est la plus considérable. Cela tient, dans une certaine mesure, à ce que, si l'on peut estimer la consommation assez exactement, on ne peut savoir exactement à quel nombre de personnes elle est attribuée. Certains habitants ont seulement leurs bureaux dans la ville; d'autre part, les personnes logeant dans les hôtels usent une certaine quantité

d'eau, mais ne comptent pas dans le chiffre de la population. Le rapport du nombre des abonnements au chiffre des habitants est, en général, plus considérable dans les grandes villes que dans les petites.

Quoique ce rapport et la température puissent avoir une grande influence sur la quantité d'eau consommée, il doit y avoir quelques autres causes de différence. Pour une même population, il ne serait pas déraisonnable de supposer qu'il doit y avoir un nombre moyen d'abonnements de petite et de grande importance, et que l'on peut en déduire la consommation moyenne par abonnement. La *fig.* 2 représente graphiquement cette consommation telle qu'elle résulte du tableau I.

L'examen de ce diagramme montre que les courbes ne se correspondent pas en général. Par exemple, Louisville commence avec une faible consommation moyenne par tête qui s'élève presque régulièrement; mais la consommation par abonnement, très-forte d'abord, après quelques irrégularités s'abaisse notablement tout en restant encore assez considérable. Cleveland commence avec une faible consommation par tête qui s'élève pour atteindre la moyenne; mais la quantité consommée par abonné reste à peu près constante, ce qui tend à prouver que les divers usages auxquels l'eau est appliquée croissent d'une manière uniforme, mais que les pertes, s'il y en a, restent à peu près constantes. Détroit a une consommation par tête assez élevée et qui croît, mais la consommation par abonné varie peu (excepté en 1872). Les chiffres qui se rapportent à Buffalo sont élevés l'un et l'autre. Pour Boston, les variations sont à peu près les mêmes dans les deux cas. Pour Lowel et Woburn, l'accroissement est rapide pour la consommation par habitant, et les inspecteurs se plaignent de grandes pertes; mais la consommation par abonné varie peu ou décroît, ce qui montre qu'il convient d'examiner la question à divers points de vue

avant d'attribuer aux pertes une trop grande influence.

En 1873, nous trouvons que la consommation moyenne par abonnement a été :

440,2	522,6	703,2	1.395,0	1.598,8	1.951,4	2.440.2	2.472,8
VIII	V	VII	X	II	VI	I	IV

2.680,0	2.941,1	3.126,3	6.072,0
IX	XII	XI	III

La consommation moyenne a été de 2.195$^{\text{lit.}}$,40 par chaque abonnement pour ces 12 villes : les différences extrêmes ont été de 1.755$^{\text{lit.}}$,2 au-dessous et de 3.876$^{\text{lt.}}$,6 au-dessus de la moyenne.

Les usages auxquels l'eau est employée influent sur les quantités d'eau consommée soit par tête, soit par abonnement. Le tableau II donne quelques renseignements sur les quantités d'eau dépensées dans un assez grand nombre de cas.

L'examen de ces tableaux montre que le chiffre de 95 litres par tête et par jour est très-largement suffisant pour les usages domestiques, y compris les bains et les water-closets. Mais dans un projet de distribution d'eau il est indispensable de tenir compte des quantités nécessaires à l'industrie ou à d'autres usages utiles, et des pertes. Il est intéressant de savoir combien d'eau est employée utilement et quelle est la quantité perdue, et nous allons essayer d'indiquer quelques circonstances dans lesquelles des pertes peuvent se produire.

1° La quantité d'eau distribuée n'est pas aussi grande que l'indiquent souvent les calculs : ainsi, quand les eaux sont amenées à l'aide d'une pompe élévatoire, on évalue cette quantité en comptant le nombre de coups de piston; mais cette méthode n'est bonne que si l'on connaît la perte d'eau non élevée par chaque coup de piston; cette perte, qui peut s'élever à 15.44 p. 100 (d'après des expériences

faites à Chicago), varie d'une pompe à une autre et peut même avoir des valeurs différentes pour une même pompe d'un jour à l'autre.

Lorsque l'eau arrive par l'action de la pesanteur seule, on évalue la quantité qui passe dans le canal ou le tuyau d'amenée en tenant compte de la différence de niveau aux deux extrémités ; ou bien on vide le réservoir et l'on cherche le temps nécessaire pour le remplir.

Les exemples suivants montrent que les évaluations faites des quantités d'eau dont on peut disposer ne sont pas toujours exactes :

Dans un rapport officiel (1863), l'ingénieur en chef de Boston dit : « Je pense que les évaluations faites antérieurement sont trop élevées et que pour 1863 elles ont dépassé de 3.795 mètres cubes par jour la quantité réelle. » A Cambridge Mass, il est dit dans un rapport pour 1872 : « Une série d'observations furent faites pour évaluer exactement la quantité d'eau élevée à chaque coup de pompe : cette quantité fut trouvée de 1.140 litres au lieu de 1.215 que l'on admettait auparavant », soit une différence de 7 p. 100.

Il conviendrait que, pour des travaux aussi importants que ceux dont il s'agit, des évaluations exactes fussent faites en employant des méthodes exactes de calcul.

2° *Eau employée à la condensation de la vapeur.* — Dans quelques cas l'eau qui sert à la condensation de la machine qui fait mouvoir les pompes est prise dans le tuyau de refoulement ; après qu'elle a servi à la condensation elle est reprise dans le tuyau d'aspiration et est ainsi mesurée deux fois. Dans un cas, l'auteur a vu que, pour une machine élevant 7.600 mètres à une hauteur de 70 mètres, l'eau de condensation coulait constamment à travers un tuyau de 0m,20 de diamètre qui était à moitié plein ; bien qu'il n'ait pu évaluer la quantité qui sortait ainsi, elle représentait une fraction qui n'était pas négligeable du débit

terminées; la dépense fut évaluée à 1.276 mètres cubes, soit une différence de 192 mètres cubes et, par jour, de 2.300 mètres cubes; soit 38 litres par tête et par jour, ce qui représente une économie de 16 p. 100 sur la consommation moyenne de 1873.

7° *Installations mauvaises.* — Notre intention n'est pas de signaler toutes les espèces d'aménagement, d'installation qui peuvent être mauvaises, défectueuses; nous donnerons seulement un exemple.

A Boston, on étudia pendant un an, à l'aide de compteurs, les quantités d'eau écoulées dans les water-closets d'un système déterminé (*hopper-closets*) auquel on substitua l'année suivante un autre système (*pan-closets*). La quantité d'eau économisée sur 13 water-closets fut de 92.372.750 litres, soit pour un water-closet 948.675 litres. Boston avait en 1873 : 17.081 water-closets (système *hopper-closets*); si la perte était pour chacun ce qu'elle était dans les 3 qui, dans l'expérience précédente, perdaient le moins, on trouve que la quantité dépensée inutilement ainsi était 17,8 p. 100 de la dépense totale.

Revenons maintenant au tableau I et aux diagrammes donnant la consommation par habitant et, prenant Boston comme exemple, cherchons à découvrir les causes des différences observées d'une année à l'autre.

1857.—Pendant cette année la consommation par jour et par abonnement fut de 2.235 litres, supérieure de 38 litres à la quantité prévue. Jusqu'à cette époque le « Conseil des eaux » (Water Board) ne semble avoir rien fait, si ce n'est de se plaindre des pertes trop considérables. Le Conseil pense que si la dépense n'a pas augmenté comme elle le faisait auparavant, la cause en est que les plus grands consommateurs ont arrêté leurs travaux et que le froid a été peu rigoureux. La question des compteurs commence à être examinée soigneusement, et 24 compteurs sont achetés comme essai.

1858. — La dépense est de 2.175 litres par abonné et par jour. Les compteurs ont été essayés fréquemment et le conseil en acquiert 63 nouveaux; il conclut à ce sujet dans un rapport « que, dans plusieurs cas, l'usage des compteurs paraît indispensable ».

Le Conseil indique que l'on a atteint la limite de la quantité d'eau qui peut être fournie par le lac et que, si l'on ne met un terme aux pertes diverses, quelques-uns des plus grands consommateurs d'eau seront arrêtés.

1859. — La dépense quotidienne est abaissée à 2.148$^{\text{lit.}}$,5; cette réduction est due à deux causes : pendant l'année 1858 le niveau du lac a baissé, il contenait environ 600.000 mètres cubes de moins qu'en 1857; en mars un tuyau se rompit et la consommation dut être réduite à 13.280 mètres cubes par jour; enfin l'usage des compteurs s'étendait et le Conseil proposait qu'on l'étendît de plus en plus.

1860. — La consommation par abonné et par jour s'élève à 2.690 litres, supérieure de 542 litres à celle de 1859. Cette augmentation est due à ce que les digues du lac furent surélevées en 1859 et que, pendant l'hiver, la pluie put le remplir, les consommateurs, par suite, sentirent moins la nécessité d'économiser l'eau; que le Conseil, voyant que le niveau du lac était plus élevé de 0^{m},60 et pensant que, en 1859, la consommation individuelle avait atteint son maximum, se relâcha de sa surveillance, et qu'une partie de l'accroissement était due, sans doute, à l'augmentation de charge provenant de l'emploi des nouvelles conduites de 1 mètre.

Pendant cette année plusieurs hôtels refusèrent de payer l'abonnement évalué d'après les indications des compteurs; la somme due s'élevait à 47.628 francs (au taux de 40 c. le mètre cube) et représentant 5 p. 100 du montant total des abonnements : la question ne fut pas vidée par la Cour suprême en 1860.

1861. — « Le nouveau Conseil des eaux a adopté des mesures énergiques avec l'aide de la police pour prévenir les pertes et ces mesures ont été suivies de résultats satisfaisants. »

La Cour décida que les hôtels devaient payer la somme fixée par la ville. Un assez grand nombre de compteurs furent mis en service et 0,9 p. 100 de l'eau fut ainsi mesurée.

1862. — La quantité d'eau mesurée à l'aide de compteurs s'élève à 2,2 p. 100 de la quantité totale et le Conseil pense que l'épargne constatée est due sans doute au nombre de ces compteurs.

Le diagramme montre une notable diminution dans la consommation, mais elle est due à une différence dans la manière d'estimer cette consommation. D'après l'ingénieur en chef, si l'on avait employé l'ancienne méthode, la quantité d'eau consommée par jour aurait été de 71.300 mètres cubes au lieu de 61.500.

1864. — La quantité d'eau dépensée diminue, « et il n'est pas douteux que cette diminution ne soit due au soin des citoyens et à leur vigilance croissante inspirée par la crainte d'une disette d'eau, ainsi que par les efforts faits par le Conseil et ses agents pour trouver les causes de perte ».

1865 et 1866. — Création d'un système d'inspection et augmentation du nombre de compteurs employés : la quantité d'eau mesurée s'élève à 8,8 p. 100.

1867. — Le nombre de compteurs augmente dans le même rapport que le nombre des abonnements; mais la quantité d'eau mesurée n'est que 8,2 p. 100 de la quantité totale, moindre par conséquent qu'en 1866.

1868. — Le nombre de compteurs s'accroît; la quantité d'eau mesurée augmente en même temps que la consommation et le nombre des consommateurs. Il est possible que l'accroissement total puisse s'expliquer par ce fait que

les consommateurs dont l'eau est mesurée n'atteignent pas la quantité qu'ils dépensaient avant que les quittances aient été présentées : c'est la seconde année que la réduction se produit.

1870. — Quoique le nombre de compteurs fût moindre, la quantité d'eau mesurée s'accrut, et il en résulta une diminution dans la consommation totale.

1871. — Augmentation du nombre de compteurs ainsi que de la proportion d'eau mesurée; diminution de la consommation moyenne par abonnement.

1872. — Diminution du nombre des compteurs; augmentation de la proportion d'eau mesurée et de la consommation totale.

1873. — Accroissement du nombre des compteurs; diminution de la proportion d'eau mesurée; accroissement de la consommation totale.

Nous donnons un tableau (tableau III) et un diagramme (fig. 5) relatifs à l'action des compteurs : ces renseignements commencent en 1861 seulement, année où la Cour suprême a décidé que le consommateur devrait payer d'après les indications du compteur quand le Water Board l'exigerait.

De 1861 à 1865, le prix de l'abonnement variait de $0^f,264$ à $0^f,792$, suivant la quantité totale consommée. Ce système présentait l'inconvénient qu'en perdant volontairement quelques centaines de litres, le consommateur payait moins cher au total qu'en usant de l'eau modérément suivant ses besoins réels. Depuis 1865, le prix est uniformément de $0^f,40$ par mètre cube.

On voit en somme que *plus petit* a été le nombre de compteurs employés et *plus petite* la quantité d'eau mesurée, plus la consommation par abonné a été *grande* (2.690 litres). Au contraire, *plus grand* a été le nombre de compteurs (sauf une exception) et *plus grande* la quantité d'eau mesurée, et plus la consommation a été *faible*. Ainsi,

en règle générale, quand le nombre de compteurs croît ainsi que la proportion de la quantité d'eau mesurée à la dépense totale, la quantité d'eau consommée par abonné décroît; la conclusion à laquelle nous arrivons est donc que si l'on veut arriver à une réduction permanente dans les pertes, il convient de faire usage de compteurs; tous les autres moyens n'ont qu'une action temporaire.

TABLEAU I.

ANNÉES.	RAPPORT du nombre des habitants à la population.	NOMBRE D'HABITANTS par kilomètre de tuyaux.	CONSOMMATION, en litres, par jour, par habitant.	CONSOMMATION, en litres, par jour, par abonné.	RAPPORT du nombre des habitants à la population.	NOMBRE D'HABITANTS par kilomètre de tuyaux.	CONSOMMATION, en litres, par jour, par habitant.	CONSOMMATION, en litres, par jour, par abonné.	NOMBRE D'HABITANTS par kilomètre de tuyaux	CONSOMMATION en litres, par jour, par habitant.
	Boston (Mass.)				**Détroit (Mich.).**				**Philadelphie.**	
1849	»	»	103,8	»	»	»	»	»	»	»
1850	»	»	162,1	»	»	»	»	»	»	»
1851	»	»	185,6	»	»	»	»	»	»	»
1852	»	»	213,7	»	»	»	108,2	»	»	»
1853	0,122	»	218,6	1784	0,152	532	111,6	736	»	»
1854	0,126	883	247,0	1956	0,158	491	133,6	847	1104	94,1
1855	0,128	885	251,2	1964	0,164	434	175,6	1069	1116	104,0
1856	0,130	887	285,4	2198	0,167	470	210,6	1261	1110	117,3
1857	0,131	884	293,0	2236	0,157	542	175,7	1165	1057	128,6
1858	0,133	889	288,8	2175	0,159	544	174,2	1153	1248	132,8
1859	0,134	860	288,4	2148	0,152	477	182,5	1197	1037	135,5
1860	0,136	852	367,7	2690	0,154	465	198,1	1301	1009	137,0
1861	0,139	871	374,9	2708	0,154	447	202,3	1305	993	137,0
1862	0,138	889	330,5	2396	0,155	440	221,3	1422	986	140,4
1863	0,135	905	312,3	2318	»	443	222,0	1400	976	165,1
1864	0,132	929	310,0	2341	0,157	445	214,8	1363	976	158,6
1865	0,130	954	226,6	1748	0,164	442	210,2	1279	971	185,6
1866	0,127	973	215,9	1672	0,161	449	226,2	1368	958	174,6
1867	0,125	»	227,7	1832	0,177	453	242,1	1367	938	176,1
1868	0,127	»	241,4	1882	0,169	430	255,0	1503	922	190,9
1869	0,130	885	236,0	1817	0,172	407	231,5	1344	891	194,7
1870	0,144	800	227,3	1576	0,171	419	243,6	1414	855	206,4
1871	0,149	735	202,6	1367	0.172	414	277,0	1351	819	204,9
1872	0,152	703	212,9	1405	0.174	414	313,5	1799	789	195,8
1873	0,152	658	244,4	1599	0,176	397	341,9	1954	749	209,5
1874	»	»	»	»	0,187	393	331,3	1388	709	210,6
	Columbus (O.).				**Cincinnati (O.).**					
1870	»	»	»	»	»	»	»	»		
1871	»	738	65,3	»	»	979	208,4	»		
1872	0,037	640	104,7	2841	»	972	209,9	»		
1873	0,039	688	123,0	3126	»	»	»	»		
1874	»	»	»	«	»	»	»	»		

TABLEAU I (SUITE).

ANNÉES.	RAPPORT du nombre des abonnements à la population.	NOMBRE D'HABITANTS par kilomètre de tuyaux.	CONSOMMATION, en litres, par jour, par habitant.	par abonné.	RAPPORT du nombre des abonnements à la population.	NOMBRE D'HABITANTS par kilomètre de tuyaux.	CONSOMMATION, en litres, par jour, par habitant.	par abonné.	CONSOMMATION en litres, par jour, par habitant.
	Cleveland (O.).				**Chicago (Ill.).**				**Jersey City.**
1857	0,112	1338	54,6	420	»	»	»	»	238,3
1858	0,126	1465	44,8	355	0,051	782	124,5	2433	265,6
1859	0,148	1049	51,2	346	0,055	730	147,3	2664	283,5
1860	0,161	1147	62,2	386	0,058	745	163,2	2808	281,2
1861	0,159	1227	69,5	435	0,056	801	149,5	2672	254,6
1862	0,159	1291	72,5	458	0,054	818	166,5	3093	241,4
1863	0,169	1320	75,5	446	0,055	824	158,6	2884	256,9
1864	0,166	1327	78,2	470	0,058	826	154,8	2660	271,0
1865	0,169	1320	78,9	466	0,064	785	162,0	2512	277,0
1866	0,161	1322	83 5	472	0,064	818	164,3	2387	268,3
1867	0,211	1309	93,0	440	0,074	800	195,0	2607	270,9
1868	0,219	1305	96,4	441	0,085	750	221,6	2599	»
1869	0,232	1271	105,9	456	0,105	712	257,3	2440	302,3
1870	0,293	1165	126,0	430	0,121	682	276,3	2266	320,3
1871	0.306	1081	145,0	474	0,121	701	274,0	2254	338,9
1872	0,340	938	169,6	499	0,119	731	282,7	2355	394,7
1873	0,343	884	178,7	523	0,121	730	294,9	2440	430,4
1874	0,353	866	189,0	535	»	»	»	»	»
	Buffalo (N.-Y.).				**Cambridge (Mass.).**				
1869	0,033	1981	138,5	4205	»	»	160,1	»	
1870	0,036	1291	151,4	5695	»	»	166,6	»	
1871	0,037	1120	235,7	4068	»	389	157,9	»	
1872	0,040	1019	263.4	6588	0,221	383	138,9	630	
1873	0,044	1003	261,5	6072	0,243	363	171,2	703	
1874	0,046	983	244,8	5145	»	»	176,5	»	
	Dayton (O.).				**Lowell (Mass.).**				
1870	»	1014	58,8	»	»	»	»	»	
1871	»	1002	63.0	»	»	»	»	»	
1872	0,028	950	76,7	2664	»	»	»	»	
1873	0,031	999	82,7	2680	0,095	804	72,1	440	
1874	»	»	»	»	0,141	761	91,5	427	

TABLEAU I (SUITE).

ANNÉES.	RAPPORT du nombre des abonnements à la population.	NOMBRE D'HABITANTS par kilomètre de tuyaux.	CONSOMMATION en litres, par jour, par habitant.	CONSOMMATION en litres, par jour, par abonné.	RAPPORT du nombre des abonnements à la population.	NOMBRE D'HABITANTS par kilomètres de tuyaux.	CONSOMMATION en litres, par jour, par habitant.	CONSOMMATION en litres, par jour, par abonné.
	Louisville (Ky.).				**Brooklyn** (N.-Y.).			
1861	0.008	1696	34,2	4176	0,046	1193	»	»
1862	0.012	1671	52,0	4155	0,052	1154	64,9	1261
1863	0,017	1481	46,7	2770	0,056	1146	80,4	1436
1864	0,021	1300	58,1	2691	0,059	1152	91,5	1590
1865	0,024	1311	77,0	3208	0,061	1165	103,2	1719
1866	0,029	1225	80.5	2884	0,065	1164	120.3	1860
1867	0.030	1205	78,2	2561	0,069	1110	130,9	1883
1868	0,033	1156	83,1	2525	0,076	1073	»	2117
1869	0,034	1118	96,8	2837	0,084	999	171,9	2085
1870	0,038	»	106,0	2904	0,090	950	178,7	1973
1871	0,039	»	96,4	2472	0,097	912	178,0	1833
1872	0,040	»	100,2	2514	0,102	880	204,2	2011
1873	0,042	»	103,2	2469	»	»	»	»
	Washington (D. C.).				**Woburn** (Mass.).			
1870	»	»	390,5	»	»	»	»	»
1871	»	»	386,3	»	»	»	»	»
1872	»	»	504,7	»	»	»	»	»
1873	»	»	»	»	0,087	231	128,3	2941
1874	»	»	»	»	0.123	247	264,5	2129
	New-Bedford (Mass.).				**Salem** (Mass.).			
1870	»	»	»	»	»	»	146,1	»
1871	»	635	92,6	»	»	»	179,1	»
1872	»	569	144,2	»	»	»	223,2	»
1873	»	532	185,6	»	»	337	271,8	»
	Lynn (Mass.).				**Pittsburgh** (Pa.).			
1872	0,094	445	101,3	1072	»	»	522,2	»
1873	0,105	432	146,1	1395	»	»	457,3	»
1874	0,129	438	149,2	1144	»	»	»	»

TABLEAU II.

	POPULATION.	CONSOMMATION en litres par tête et par jour.		POPULATION.	CONSOMMATION en litres par tête et par jour.
1	»	15,2	10	1.824	46,7
2	2.134	30,0	11	1.826	49,0
3	2.285	62,2	12	5.794	58,4
4	2.574	87,3	13	899	80,0
5	1.540	60,7	14	3.399	58,1
6	967	65,7	15	838	49,0
7	1.534	52,4	16	173.280	76,7
8	2.570	78,6	17	»	53,1
9	827	61,5	18	»	91,5

		NOMBRES SUR LESQUELS sont établies les moyennes.	CONSOMMATION ANNUELLE en litres.			CONSOMMATION journalière moyenne.	NOMBRES CORRESPONDANTS
			Maximum.	Minimum.	Moyenne.		
19	Fontaines à boire	»	»	»	»	3.795	
20	Hôtels de 1re classe	11	41.718.500	12.048.000	22.951.000	62.900	
21	— de 2e classe	49	9.971.700	49.460	1.043.348	2.856	
22	Compagnies de chemins de fer	8	127.600.100	12.924 631	46.492.188	127.447	1.
23	Compagnie du gaz d'éclairage	1	»	»	178.714.265	489.638	5.
24	Idem	4	5.663.700	1.004.282	3.567 425	9.771	
25	Raffinerie de sucre	6	147.948 500	13 728.033	57,439.868	157.257	1.
26	Laminoirs	1	»	»	63.022 551	172.665	1.
27	Forges	1	»	»	82.687.029	227.592	2.
28	Brasseries	13	34.963.300	1.895.323	9.755.643	26.724	
29	Débits de bière	4	3.110.300	1.541.231	2.271.891	6.224	
30	Constructions	90	11.320.100	165.955	21.797.216	59.718	
31	Hôpitaux	4	31.406.000	2.870.917	15.212.637	41.676	
32	Maison de bienfaisance	6	3.514.900	194.429	1.723.574	4.721	
33	Cercles	3	4.998.000	1,054.591	2.834.106	7.764	
34	Hall (?)	3	5.030.500	2.783.758	3.720.249	10.186	
35	Théâtres	3	2.752.000	576.331	1.412.031	3.867	
36	Marchés	7	3.925.900	401,002	2.208.511	6.048	
37	Colléges	2	1.674.500	1.345.832	1.510.606	4.136	
38	Pensions	19	3.533.900	552.802	1.305.480	3.574	
39	Pensions modèles	11	2 913.600	590.752	1.627.121	4.454	
40	Comptoirs	58	6.350.000	71.725	2.306.221	6.319	
41	Fabrique de machines	24	11.677.700	46 678	3.092.052	8.470	
42	Fonderies	8	13.466.600	81.592	5.156.604	8.648	
43	Construction de chaudières	1	»	»	1.609.725	4.203	
44	Huilerie	5	24.843.600	575.447	7.137.636	19.554	
45	Usine à marbre	8	19.037.000	1.704.585	9.839.865	26.959	
46	Chantier de pierre	1	»	»	8.415.033	22.054	
47	Fabrique de vinaigre	1	»	»	731.421	2.003	
48	— de pickles	5	2.596.300	983.545	1.468.790	4.023	
49	— de sel	1	»	»	1.072.846	2.936	
50	Confiseries	2	3.149.300	2.103.439	2.626.391	7.195	
51	Restaurants	15	6.125.300	79.820	2.548.246	6.979	
52	Café	3	4.127.000	956.465	2.447.942	6.758	
53	Distillerie	3	10.764.000	1.435.774	5.708.439	18.143	
54	Imprimerie	1	»	»	3.465.317	9.487	

(SUITE DU TABLEAU II.)

		NOMBRES SUR LESQUELS sont établies les moyennes.	CONSOMMATION ANNUELLE en litres.			CONSOMMATION journalière moyenne.	NOMBRES CORRESPONDANTS de consommateurs à 95 litres par tête.
			Maximum.	Minimum.	Moyenne.		
55	Photographie	1	»	»	1.435.773	3.931	41
56	Briques réfractaires	1	»	»	1.113.577	3.051	32
	Engrais	3	1.605.700	1.085.999	1.289.313	3.532	37
	Bains	3	9.857.400	3.211.708	5.482.257	15.019	158
	Produits chimiques	4	29.833.500	214.163	10.387.857	28.462	300
	Extraits	1	»	»	5.615.841	13.391	162
	Tanneries	5	2.239.700	244.777	1.451.397	3.973	42
	Compagnie de forges	1	»	»	7.380.008	20.219	213
	Usine à plomb	1	»	»	6.293.248	17.240	182
	Construction de ponts	1	»	»	1.495.859	4.099	43
	Steam Safe Company	1	»	»	1 660.058	4.545	48
	Verrerie	1	»	»	3.832.950	10.500	111
	Fabrique de tuyaux	1	»	»	3.251.556	8.906	94
	— de poteries	1	»	»	1.789.088	4.899	51
	— de lard	1	»	»	286.902	785	8
70	Bateau à vapeur	1	»	»	56.576.743	155.003	1.634
71	Découpage	1	»	»	1.501.426	4.114	43
72	Fabrique de fil métallique	1	»	»	7.322.702	20.064	211
	Etables	87	22.077.700	88.689	1.628.559	4.462	46
	Fabrique de tubes	1	»	»	34.898.757	94.937	1.005
	— d'aiguilles	1	»	»	6.683.754	18.310	193
	— Machines à coudre	2	8.407.000	2.396.904	5.908.815	16.170	170
	Orfèvre	1	»	»	1.011.113	2.770	29
	Lavoirs	1	»	»	3.803.573	10.420	110
	Relieurs	1	»	»	1.144.837	3.134	33
	Fabrique de montres	1	»	»	322.575	884	9
	Pêcheries	2	3.639.500	488.416	2.063.975	5.673	60
	Pharmacien	1	»	»	971.026	2.659	28
	Chromo-lithographie	1	»	»	1.650.710	4.215	48
	Moulins	34	11.793.700	17.571	3.235.742	8.864	93
	Maisons et fontaines	2	1.836.500	997.326	1.416.927	3.882	41
	Fontaine	1	»	»	952.724	2.611	27
	Construction de navires	1	»	»	161.069	447	5
	Maison de correction	1	»	»	47.486.720	130.100	1.371
	Tribunal du comté	1	»	»	16.530.375	45.289	477
	Prison du comté	1	»	»	5.951.433	16.304	172
	Postes de police	10	2.321.400	141.734	1.432.764	3.924	41
	Cimetières	1	»	»	1.797.805	4.925	52
	Orgues	12	1.984.500	175.075	698.384	1.912	20
94	Élévateurs	16	1.726.400	26.451	569.250	1.559	16

OBSERVATIONS.

N° 1. Nombres fournis à l'auteur par des personnes dont les puits étaient drainés par des travaux dans le voisinage.

N°s 2 à 15. Observations prises dans un rapport officiel et se rapportant à 14 des plus pauvres districts de Liverpool. Sauf les water-closets, les habitations n'ont aucune des commodités modernes.

N° 16. Consommation à Boston pendant la réparation d'une des conduites principales : l'eau n'était employée qu'aux usages domestiques et à quelques petites usines.

N° 17. Consommation dans la maison du président du conseil des eaux.

N° 18. Moyenne de la consommation dans les maisons des membres du conseil des eaux.

Les n°s 16, 17 et 18 ont probablement toutes les commodités modernes.

TABLEAU III.

ANNÉES.	NOMBRE de compteurs en service.	RAPPORT de la quantité d'eau mesurée à la quantité totale.	CONSOMMATION moyenne en litres par jour et par abonnement.	OBSERVATIONS.
1861. .	104	0,009	2.708,5	La quantité d'eau dépensée a été évaluée, d'après les sommes payées, en comptant le prix du mètre cube à $0^f,40$. Ce prix n'est qu'une moyenne jusqu'au 22 nov. 1865, les prix extrêmes étant compris entre $0^f,2$[illegible] et $0^f,80$. A partir de cette date, le prix de $0^f,40$ a été uniformément appliqué.
1862. .	161	0,022	2.396,2	
1863. .	254	0,030	2.318,9	
1864. .	312	0,039	2.340,7	
1865. .	586	0,057	1.748,0	
1866. .	879	0,088	1.672,1	
1867. .	895	0,082	1.831,9	
1868. .	1.021	0,113	1.881,9	
1869. .	1.089	0,120	1.815,5	Pendant les années 1868 à 1873, l'eau ne fut mesurée que pendant 9 mois; on a multiplié les nombres trouvés par $^4/_3$ pour avoir la consommation annuelle telle qu'elle est inscrite ci-contre.
1870. .	1.076	0,122	1.575 9	
1871. .	1.091	0,137	1.367,0	
1872. .	955	0,147	1.404,9	
1873. .	977	0,120	1.599,6	

CHRONIQUE.

Février 1878.

N° 10

ÉTAT DE LA QUESTION DES EAUX D'ÉGOUT EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER (1)

NOTE

Par M. A. DURAND-CLAYE, ingénieur des ponts et chaussées.

Je viens, messieurs, comme les années précédentes, vous exposer la situation de la question des eaux d'égout, et vous signaler les progrès qu'a pu faire l'application agricole de ces eaux.

§ 1. — FRANCE.

Paris. — J'avais eu l'honneur, en 1876, de mettre sous vos yeux les conclusions du rapport, rédigé au nom d'une commission ministérielle (2), ainsi que l'avis conforme du conseil général des ponts et chaussées et du ministre des travaux publics, en date du mois de juin 1875. Vous vous souvenez sans doute que ces différents documents se résumaient dans les deux propositions suivantes :

1° Continuer et développer les irrigations entreprises en 1869, à titre d'essai, dans la plaine de Gennevilliers ;

(1) Rapport lu à la section de génie rural de la Société des agriculteurs de France, le 20 février. — Voir sur ce sujet les *Annales des ponts et chaussées*, Chronique, 1869, 1873 et 1874.

(2) Voyez *Annales des ponts et chaussées*, 1875.

2° Préparer un avant-projet général s'appliquant à la totalité des eaux d'égout et assurant ainsi l'assainissement définitif de la Seine. La commission ministérielle avait signalé comme ligne essentielle de cet avant-projet un canal d'irrigation à établir entre Clichy et les terrains domaniaux, défrichés en grande partie, de la partie nord-est de la forêt de Saint-Germain.

1° *En ce qui concerne la plaine de Gennevilliers*, les travaux nécessaires pour compléter la force motrice des machines élévatoires et pour créer un réseau de conduites maîtresses de distribution, ont été exécutés en 1875 et en partie en 1876.

L'usine élévatoire de Clichy comprend aujourd'hui 2 machines à vapeur avec pompes centrifuges de grand diamètre, l'une de la force de 150 chevaux, l'autre de la force de 250 chevaux. Elles fonctionnent alternativement et élèvent à la seconde de 500 à 1.000 litres. Leur service est complété par la dérivation qui, à travers la plaine de Saint-Ouen, amène par la seule action de la pesanteur, les eaux de la partie nord-est de Paris ; il a été ainsi monté, dans le cours de l'année 1876, 10.643.419 mètres cubes. Les pompes centrifuges ont continué à effectuer leur service avec une grande régularité, malgré les nombreuses parties solides contenues dans les eaux d'égout.

Le réseau de conduites et rigoles maîtresses, qui n'était que de 5.700 mètres en 1875, atteignait 26.400 mètres à la fin de 1876. Il se compose en majeure partie de conduites en béton, coulées sur moule mobile ; ces conduites sont soumises à une pression moyenne de 6 à 8 mètres et font une très-bonne distribution dans la plaine, tout en présentant une économie considérable sur les conduites en fonte et même en poterie. Le prix du mètre courant ressort, maçonnerie et terrassement compris, à :

9 fr.	pour un diamètre	de...........	0m,30
12 fr.	—	de...........	0m,45
23 fr.	—	de...........	0m,60
44 fr.	—	de...........	1m,00

Nous signalons, en passant, l'utile application qui pourrait souvent être faite de ce système pour les conduites d'irrigation ou d'amenée des eaux d'alimentation.

La distribution des eaux d'égout a continué à se faire dans la plaine, sous la surveillance des cantonniers de l'administration, mais toujours à la demande des cultivateurs, qui restaient libres de les prendre ou de les refuser selon les besoins de leurs champs. La surface ainsi soumise aux irrigations a suivi une progression

constamment croissante. Partie de 22 hectares en 1872, elle était de 130 hectares environ en 1875; au milieu de 1876 elle atteignait 220 hectares et arrivait à 300 hectares au 1er janvier 1877. Ces parcelles irriguées sont situées principalement sur la partie de la plaine de Gennevilliers comprise dans le demi-cercle que décrit la Seine entre Clichy, Saint-Denis et Épinay. Pour la partie qui s'étend de Gennevilliers à Argenteuil, il reste à exécuter les travaux secondaires, dont la dépense n'a pas encore été votée par le conseil municipal de Paris. Le cube total d'eau d'égout monté dans la plaine ayant atteint, comme on l'a vu ci-dessus 10.643.419 mètres cubes et la surface arrosée ayant été en moyenne de 220 hectares, on arrive à un chiffre de consommation moyenne par hectare et par an de 48.400 mètres cubes environ. Nous ne saurions trop répéter que ce chiffre résulte de la libre initiative des cultivateurs, et est une conséquence des intérêts agricoles combinés avec la nature très-perméable du sol et les conditions météorologiques des environs de Paris.

Les résultats agricoles ont continué à être satisfaisants. A mesure que les irrigations avancent dans la plaine, une transformation radicale s'opère dans les usages de la culture; les céréales disparaissent, tout en profitant transitoirement des colmatages d'hiver; elles sont remplacées par les légumes, les prairies artificielles, les plantes industrielles, les racines. La répartition de ces diverses natures de culture était approximativement la suivante, vers le mois d'août 1876;

Légumes: 46 p. 100 (légumes divers dont les 2/5 en choux).

Racines: 21 p. 100 (betteraves à bestiaux, généralement précédées d'une récolte de seigle).

Prairies artificielles: 20 p. 100.

Céréales: 7 p. 100 (blé, seigle, avoine).

Plantes industrielles: 6 p. 100 (menthe, absinthe, osiers, rosiers, pépinières).

Les rendements à l'hectare ont atteint des chiffres élevés: 60.000 à 120.000 kilog. en vert pour les luzernes, 100.000 à 130.000 kilog. en vert pour les prairies, 100.000 kilog. pour les betteraves à bestiaux, 90.000 kilog. pour les choux, 50.000 à 100.000 kilog. pour les carottes, 250 à 300 hectolitres de pommes de terre, 60.000 têtes d'artichauts, 75.000 kilog. d'absinthe, 40.000 kilog. de menthe, etc. Le prix de location de l'hectare est resté de 90 à 120 francs dans les parties non irriguées; il a atteint 300 à 500 francs dans les parties irriguées. Le quart des terrains irriguées est transformé en véritables jardins, où les produits les

plus variés sont cultivés côte à côte et donnent un grand nombre de récoltes, vendues facilement aux marchés voisins ou aux halles.

Tout ce mouvement agricole s'exécute par la libre initiative des cultivateurs de la plaine. La ville de Paris n'exploite directement qu'un demi-hectare à titre de jardin d'essai. Le développement progressif et continu des irrigations sur les terrains des particuliers, opéré sans la moindre pression et par le jeu des intérêts privés, est la seule réponse à faire aux critiques, plus ou moins intéressées, qui se produisent de temps en temps contre l'œuvre d'assainissement public et de progrès agricole entreprise par la ville de Paris.

2° *En ce qui concerne le développement administratif de la question*, un avant-projet d'un nouveau canal d'irrigation, avec branches secondaires, entre Clichy et la partie nord-est de la forêt de Saint-Germain a été rédigé par les ingénieurs du service et soumis au conseil municipal de Paris. Cet avant-projet comprend une ligne principale de 16.000 mètres environ de longueur, partant de l'usine actuelle de Clichy et aboutissant aux tirés et aux terrains défrichés de la forêt. Elle serait formée d'une conduite fermée de 2 mètres de diamètre. Elle enverrait six conduites secondaires vers Gennevilliers (*réseau actuel*), Nanterre, Argenteuil, Bezons, Sartrouville, Achères. Le périmètre arrosable serait de 6.654 hectares, dont 1.423 de terrains domaniaux (*tirés, fermes, forêts*). Le conseil municipal a pris cet avant-projet en considération par un vote en date du 2 mars 1876. En vertu de ce vote, l'avant-projet en question a été soumis aux enquêtes prescrites par la loi du 3 mai 1841, dans les départements de la Seine et de Seine-et-Oise. Sur l'invitation de la commission de la Seine, l'administration de la ville de Paris a fait publier tous les documents relatifs à l'enquête. Ces documents ont été envoyés à notre Société et sont déposés sur le bureau de la section. La commission d'enquête du département de la Seine, présidée par M. Bouley, membre de l'Institut, et ayant pour secrétaire M. Orsat, ingénieur, a produit un travail de la plus haute valeur scientifique et administrative. Son rapporteur, notre éminent collègue, M. Schlœsing, a rédigé un véritable traité sur la question, et a appuyé l'avis favorable de la commission sur des considérations et des expériences dont la valeur est incontestable, émanant d'une telle autorité scientifique. Dans le département de Seine-et-Oise, une assez vive opposition s'est manifestée, appuyée sur des préventions instinctives qui accompagnent partout la question des eaux d'égout. La commission d'enquête de ce département a du reste conclu, de son

côté, à l'établissement d'une conduite fermée, faisant un service d'irrigation en route, mais pouvant dépasser les grèves de la forêt de Saint-Germain et ayant comme objectif la mer. Du moment où l'irrigation est acceptée sur le développement d'un pareil canal, il est permis de penser, en présence des faits acquis à Gennevilliers, que les eaux fertilisantes seraient rapidement absorbées en route et qu'ainsi en pratique on s'en tiendrait simplement à la section proposée, s'étendant de Clichy à Achères.

Villes diverses. — La ville de Reims a continué à se préoccuper vivement de l'insalubrité qu'amène dans sa banlieue le déversement de ses eaux d'égout à la Vesle. J'ai eu l'honneur de vous exposer déjà, dans nos sessions antérieures et dans un rapport publié au nom de la commission permanente des engrais, les études et les essais dus à la municipalité de Reims. Un travail considérable a été produit par M. Duchateaux et a résumé avec une clarté remarquable les faits acquis tant à Reims même qu'à Paris et à l'étranger. La conclusion présentée par M. Duchateaux au nom d'une commission spéciale était l'irrigation sur les terrains calcaires fendillés des environs de Reims. Tout récemment une commission ministérielle a examiné la question (1): elle est arrivée, par l'organe de son rapporteur, M. Léon Durand-Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées, à la même conclusion; elle a vivement recommandé l'irrigation tout en admettant, a titre temporaire et provisoire, une clarification sommaire à l'aide d'eaux de lessivage des *cendres noires* des environs de Reims. Ces cendres contiennent des sulfates de fer et d'alumine et du charbon. On y ajoute un peu de lait de chaux. Nous ne savons encore si ce système fonctionnera régulièrement. Mais la solution agricole directe est encore ici le but instamment recommandé à la sollicitude de la municipalité rémoise.

En dehors de Reims, nous ne savons pas que d'autres villes en France aient fait autre chose que des études sur la question. Un grand nombre d'entre elles ont du reste comme égout collecteur les cours d'eau qui les traversent, et bien souvent ces cours d'eau servent à l'arrosage des prairies voisines en leur donnant une vigueur toute spéciale.

Nous signalerons comme établissements privés utilisant aujourd'hui les eaux d'égout une vaste prairie de 20 hectares, située au Pecq et appartenant à M[me] la comtesse de Brévannes; ce sont les

(1) Voyez *Annales des ponts et chaussées*, 1877, 2[e] semestre, p. 621.

eaux de Saint-Germain qui y sont employées. L'asile municipal d'aliénés de Vaucluse (Seine-et-Oise) déverse également toutes ses eaux vannes sur les prairies comprises dans son domaine, suivant les indications qui nous ont été demandées par le directeur de l'établissement, M. le docteur Biout.

§ 2. — ÉTRANGER.

Angleterre. — La situation pratique de la question des eaux d'égout est restée à peu près celle que nous avons indiquée dans nos précédeutes communications. Les grandes villes continuent à déverser dans les cours d'eau leurs eaux d'égout, leur *sewage*, en l'éloignant, autant que possible, des centres d'habitation. C'est ainsi qu'à Londres, 400.000 mètres cubes d'eau infecte continuent à tomber dans la Tamise à Barking et à Crossness; aucune suite n'a été donnée aux projets et aux travaux de la *Metropolis sewage and Essex reclamation Compagny*, qui devait mener les eaux d'égout jusqu'aux plages de la mer du Nord en pratiquant en route l'irrigation.

Les villes d'importance moyenne poursuivent, au contraire, avec persévérance l'assainissement de leurs cours d'eau. Dans un grand nombre de cas, des procès leur sont faits par des riverains et c'est par autorité de justice qu'est entreprise la purification du *sewage*. Dans une précédente communication nous avions indiqué la situation des villes anglaises, à ce point de vue, en 1873, d'après une statistique dressée à cette époque par ordre de la chambre des communes. Au mois de mars 1876, une nouvelle statistique a été dressée par ordre de la Chambre des lords. Elle a donné les résultats suivants : Sur 462 villes de plus de 5.000 habitants, 341 continuent à jeter leurs eaux d'égout dans les rivières, 121 les soumettent à un traitement régulier; 64 ont adopté, comme moyen d'épuration, l'irrigation (c'est 20 de plus qu'en 1873); 18 emploient les procédés chimiques, soit 12 de moins qu'en 1873; 39 en sont encore à de simples procédés de filtration en dépôt mécanique, soit 15 de moins qu'en 1873. Ainsi l'irrigation, le seul procédé d'assainissement vraiment efficace, va en se développant sans cesse. La clarification chimique ou mécanique perd du terrain. Ces faits sont également mis en évidence par un travail récent du *Local government Board* (21 juillet 1876). Ce rapport officiel proclame nettement, après une analyse des plus complètes de la situation en Angleterre et sur le continent, la supériorité des procédés agricoles au point de vue de l'assainissement, tout en

faisant justice des illusions financières auxquelles s'étaient laissé entraîner des promoteurs trop ardents du système : l'opération se solde généralement en perte pour les municipalités anglaises, qui ont cru, dans la plupart des cas, devoir administrer elles-mêmes leurs fermes, au lieu d'abandonner l'exploitation agricole des eaux à l'initiative privée.

Administrativement, une loi vient de fixer les conditions nécessaires pour empêcher la pollution des rivières (*Rivers Pollution act*, 25 *août* 1876). Il est dorénavant interdit dans toute l'Angleterre de jeter directement aux rivières les eaux et résidus solides sortant des villes, des usines, des exploitations de mine. Mais, suivant la coutume anglaise, cette loi n'a pas d'effet rétroactif, et, en particulier, il est spécifié qu'on ne peut revenir, jusqu'à nouvel acte législatif, sur la situation faite à la ville de Londres, et sur l'écoulement en Tamise de ses eaux vannes. La loi nouvelle avait été précédée d'une longue enquête confiée à deux commissions successives nommées l'une en 1865, l'autre en 1868. C'est dans cette dernière que se trouvait l'éminent chimiste Frankland; les cinq rapports auxquels il a pris une part prépondérante, sont aussi remarquables par l'abondance des renseignements que par la valeur et la netteté des analyses dont ils sont remplis.

Allemagne.—En Allemagne, la ville de Berlin (1), après avoir arrêté son plan de canalisation intérieure, lequel comporte des machines élévatoires de la force totale de 1.800 chevaux, se préoccupe de se débarrasser de ses eaux d'égout, dans lesquelles, suivant la méthode anglaise, se trouvent mélangées les matières de vidange. La municipalité a adopté l'irrigation, laquelle devra s'étendre sur deux vastes domaines acquis par la ville : l'un, au nord, d'une superficie de 736 hectares; l'autre, au sud, de 824 hectares; soit en tout 1.560 hectares. Après plusieurs années d'essai sur un petit champ de 3 à 4 hectares, les travaux ont été entrepris sur le domaine sud, et le service a commencé de ce côté depuis un an environ.

Nous avons déjà signalé les travaux dirigés à Dantzig par l'ingénieur anglais M. Baldwin Latham. On sait que 800 hectares de dunes maritimes doivent être soumis à l'irrigation. Les résultats déjà obtenus sur une partie de ce vaste périmètre ont mérité à la ville de Dantzig une récompense exceptionnelle à l'Exposition sanitaire de Bruxelles.

---

(1) Voyez *Annales des ponts et chaussées*, mémoire de M. l'inspecteur général Mille (1876).

L'association allemande de salubrité publique a réuni à Dusseldorf, du 21 juin au 1er juillet 1876, les médecins hygiénistes et les ingénieurs municipaux d'une grande partie de l'Allemagne. L'irrigation à l'aide des eaux d'égout a été vivement recommandée comme moyen d'assainissement, spécialement par MM. Varrentrapp (de Francfort) et Dünkelberg (de Bonn).

Belgique. — Nous avons déjà signalé les études faites pour appliquer l'irrigation aux eaux d'égout de Bruxelles sur 4.000 hectares situés sur les plateaux de Loo et Penthy. Le conseil communal ayant alloué pour les études et travaux d'essai une somme de 500.000 francs, la municipalité s'est décidée à faire une première application à une quarantaine d'hectares et a obtenu en novembre 1876 l'arrêté d'expropriation nécessaire.

Italie. — La question des eaux d'égout préoccupe depuis quelque temps le gouvernement italien. Le pays où se pratiquent depuis si longtemps les irrigations des marcites avec les eaux noires sorties de la ville de Milan, ne pouvait songer qu'à appliquer cette même solution à ses autres cités. Une circulaire du ministre de l'agriculture en date du 2 octobre 1874 a été rédigée dans ce sens. La ville de Florence, sur l'initiative de son syndic, M. Peruzzi, a commencé une application du système sur des terrains voisins de la promenade des Cascines. La superficie irriguée à titre d'essai a d'abord été de 3 hectares; elle était de 8 hectares en septembre 1876 et va bientôt atteindre 15 hectares. Nous y avons vu des produits luxuriants qui font bien augurer de la réussite de l'opération.

Suisse. — La ville de Zurich a fait étudier par son ingénieur, M. Burgli-Ziegler, un projet d'application de ces eaux d'égout à 100 hectares de prairies situées à la porte de la ville, aux environs de la gare du chemin de fer.

Autriche-Hongrie. — A Vienne, les eaux vannes et ménagères continuent à infecter la Wien et le canal du Danube. On commence cependant à se préoccuper du remède à apporter à la situation. La magnifique distribution d'eau dont vient d'être dotée la ville trouvera ainsi un complément indispensable.

A Pesth, l'assainissement de la ville a fait l'objet de nombreuses études. Nous avons eu l'honneur, concurremment avec M. Mille, inspecteur général des ponts et chaussées, d'être appelé à présenter un projet à la municipalité. Nous y avons compris l'irrigation par les eaux d'égout des vastes plaines poussiéreuses et stériles qui s'étendent du côté du bras de Soroksar (Danube).

Espagne. — A Madrid, les eaux d'égout sont partiellement utilisées, sans concession ni réglementation officielle, par les marai-

chers de la banlieue. Du côté du Palais-Royal, 6 à 7 hectares sont ainsi irrigués; le même fait se présente du côté ouest de la ville.

États-Unis. — Enfin, en Amérique, la ville de Boston a fait une enquête complète sur la question d'assainissement et a fixé son attention sur l'application possible des eaux d'égout à la culture.

De l'ensemble de ces faits, résulte l'intervention toujours croissante de la culture dans l'assainissement extérieur des villes. Au prix de longs efforts et d'une lutte incessante, les ingénieurs municipaux de tous les pays cherchent à faire prévaloir les idées du pouvoir révivificateur du sol et à assurer ainsi la pureté des rivières au profit de l'agriculture.

N° 11

UTILISATION DE LA CHUTE D'EAU DU BARRAGE DE SAINT-VITE.

NOTE

Par M. ROUZIÈRES, conducteur des ponts et chaussées.

Sur ma demande, le 4 juillet 1875, M. Gros, ingénieur en chef de la navigation du Lot, m'autorisa à confectionner une roue pendante placée sur le barrage de Saint-Vite, pour actionner une vis d'Archimède par l'intermédiaire d'un câble en fil de fer. Cette vis servait aux épuisements de l'enceinte des batardeaux établis pour l'exécution d'ouvrages à la sortie de l'écluse de Saint-Vite.

La roue pendante, construite en bois de sapin, avait 2 mètres de diamètre, 1 mètre de largeur; elle comportait 12 palettes de 0m,35 de largeur chacune et était montée sur deux pieds-droits fixés dans le barrage.

La transmission s'effectuait par câble en fil de fer au moyen de deux poulies en chêne de 0m,06 d'épaisseur, ayant une gorge de 0m,04 de profondeur, complétement garnie en cuir. La plus grande de ces poulies avait 0m,80 de diamètre et était fixée contre la roue pendante; l'autre poulie avait 0m,30 de diamètre et était fixée sur l'arbre de la la vis d'Archimède. Ces deux poulies n'étaient pas dans un même plan, mais la grande distance et la petite dimension de la poulie de la vis ont fait qu'il n'en a pas résulté d'inconvénient.

Le croisement du câble a été nécessaire pour faire tourner la vis dans le sens voulu pour épuiser, et afin d'éviter le frottement des brins du câble, une planche mince a été interposée entre eux.

La vis d'Archimède avait 6 mètres de longueur et 0m,55 de diamètre; elle était inclinée à 35° sur l'horizontale et avait une vitesse de 60 tours à la minute d'unemanière régulière. Le débit par heure a été de 60 mètres cubes environ, soit 1 mètre cube à la minute.

La distance entre la roue et la vis d'Archimède était de 150 mè-

tres, un seul support placé à 100 mètres de la roue, servait d'appui au câble au moyen de deux rouleaux de $0^m,10$ de diamètre. La tension se faisait au moyen d'une corde en chanvre attachée au cadre de la vis et à un poteau de ferme du batardeau.

Le câble avait $0^m,006$ de diamètre, il pesait $0^k,104$ le mètre courant et coûtait $2^f,40$ le kilog. rendu sur le chantier de Saint-Vite ; il provenait de la fabrique de la commission des ardoisières d'Angers.

La durée des épuisements a été de 26 jours pendant lesquels un seul manœuvre le jour et un seul manœuvre la nuit ont suffi à la surveillance et au service, ce qui a occasionné une dépense de 26 jours à 10 francs. . . . . 260 fr.

Si l'on y ajoute les frais d'installation. 200

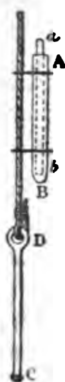
on arrive à une dépense totale de. . . . . 460 fr.

Dépense relativement faible, comparée à celle qu'il aurait fallu si les épuisements avaient été faits avec des manœuvres qui eût été triple.

Il est facile d'approprier ce mode d'épuisements, soit à la construction de barrages, pertuis, travaux dans les écluses, etc., pourvu qu'il y ait une chute d'eau ; le câble en fil de fer se prête à toutes les inflexions voulues en disposant des supports à cet effet.

N° 12

Nouveau procédé de sondage à la mer. — Les sondages à la mer, surtout si la profondeur est grande, présentent certaines difficultés : ces difficultés augmentent si le navire est en marche ou, ce qui revient au même, s'il existe des courants sous-marins qui troublent les résultats, même si l'on a mis le navire en panne. Sir W. Thomson s'est occupé à diverses reprises de cette question; dans de précédentes recherches, il avait obtenu des résultats assez satisfaisants en employant pour la ligne de sonde des fils en acier, analogues aux cordes de piano, présentant l'avantage d'avoir une grande résistance sur un faible diamètre. Mais l'évaluation de la profondeur *atteinte* par la longueur du fil immergé présenta une grande incertitude, parce que l'on est rarement assuré que la ligne de sonde est verticale. Sir W. Thomson conçut le projet de mesurer la profondeur réelle en évaluant la pression exercée par l'eau au fond : pour atteindre ce résultat, il joint au corps pesant fixé à l'extrémité de la ligne, corps pesant qui est une barre de fer CD de 1 mètre de longueur et d'un poids de 10 kilog., une éprouvette en cristal *ab* fermée à une extrémité, ouverte à l'autre, et contenant de l'air. Au moment où cette éprouvette est immergée dans l'eau, l'air occupe le volume entier; mais l'espace occupé par le gaz diminue à mesure que, l'éprouvette s'enfonçant, la pression exercée par le liquide augmente. En vertu de la loi de Mariotte, il existe une relation simple entre la réduction de volume et la pression et, par suite, la profondeur. Il suffit donc, on le conçoit, pour évaluer la profondeur atteinte par la sonde, quelle que soit la longueur de fil déroulée, de savoir jusqu'à quel niveau l'eau a refoulé l'air dans le tube. On peut arriver à ce résultat, par exemple, en déposant sur les parois une matière colorante soluble qui disparaisse lors de son contact avec l'eau : la hauteur sur laquelle cette matière est restée intacte fait connaître le plus petit volume auquel a été réduit l'air. On peut alors, soit par le calcul, soit à l'aide de divisions préalablement tracées sur le tube, déterminer la profondeur à laquelle s'est arrêtée la sonde.



D'après sir William Thomson, si la profondeur ne dépasse pas 100 brasses, deux hommes suffisent à la manœuvre qui dure $^1/_2$ minute à 1 minute pour la descente et de 1 à 4 minutes pour la montée, quelle que soit la vitesse relative du navire par rapport à l'eau.

Remorquage par chaine noyée sur l'Elbe. — Le remorquage sur l'Elbe et sur la Saale se fait en employant le touage sur chaîne noyée : nous empruntons à ce sujet quelques renseignements statistiques au journal allemand *Deutsche Bauzeitung*.

Après un premier essai, la compagnie de navigation de Hambourg Magdebourg établit en 1866 une chaîne noyée sur une longueur de 48 kilomètres de Magdebourg à Friedland ; cette ligne fut complétée en 1874 jusqu'à Hambourg sur 158 kilomètres. La première partie avait coûté 519.000 francs y compris trois toueurs ; le prix de la seconde s'éleva, avec une flotte de 10 toueurs, à 3.250.000 francs. D'autre part, de 1869 à 1871 on avait posé 320 kilomètres de chaîne sur l'Elbe supérieur et 22 sur la Saale. La longueur totale est de 672 kilomètres et le nombre total de toueurs est de 25.

La chaîne est constituée par des chaînons dont la longueur est 4 fois $^1/_2$ le diamètre du fer qui est de 0m,022 ou de 0m,025 suivant le courant (la chaîne employée dans la Seine a seulement 0m,016) : le poids de la chaîne est respectivement 11 et 15 kilog.

Les toueurs, qui ont la même forme aux deux extrémités, ont une longueur moyenne de 45 mètres, une largeur de 7m,25 et un tirant d'eau de 0m,45.

La vitesse est de 10 kilomètres à la descente et 5 kilomètres à la remonte.

Les péniches vides payent suivant leur longueur et par kilomètre de 0f,50 à 2 francs sur l'Elbe supérieur et de 0f,40 à 2 francs sur l'Elbe inférieur. Pour les transports, le prix est de 0f,05 par 5.000 kilog. et par kilomètre.

On remorque à la fois de 4 à 8 grands chalands ; quelquefois on remorque 12 péniches et sur l'Elbe supérieur jusqu'à 30.

La distance de Magdebourg à Dresde est parcourue en 72 heures par les convois remorqués par les toueurs ; les remorqueurs à aubes parcourent la même distance en 120 heures seulement.

Construction rapide d'une ligne de chemin de fer. — La *Railroad Gazette* contient les chiffres suivants, dont nous croyons devoir lui laisser la responsabilité, sur la durée des travaux de construction de la ligne *Philadelphia and Atlantic City Railway*, dont la longueur est d'environ 88 kilomètres. Les travaux furent commencés le 1er avril 1877, et le premier train circula le 7 juillet. Voici quelques données relatives à l'importance des travaux :

La tranchée la plus profonde atteint 9 mètres et le remblai le plus élevé a une hauteur de 10m,50 ; dans une seule tranchée, on a dû enlever 30.000 mètres cubes, et un seul remblai a exigé

l'apport de 23.000 mètres cubes de terre. Un autre remblai de 17.500 mètres cubes et de 550 mètres de longueur a été terminé en une semaine; on a posé jusqu'à 8 kilom. de voie en un seul jour. Le nombre des ponts et ponceaux dépasse 100; la longueur cumulée des trois ponts les plus longs atteint environ 400 mètres; l'un d'entre eux a une travée de 30 mètres. La compagnie a 13 kilom. environ de quais à Camden : leur construction dura deux mois.

La voie a une largeur de 1m,10.

Le jour de l'essai, 7 juillet, 2.800 mètres de voie restaient à poser; le train dut attendre deux heures que ces travaux fussent terminés.

Le prix moyen de terrassement a été d'environ 0f,50 par mètre cube de tranchée et de remblai. La dépense totale de construction et d'achat de matériel a été de 3.850.000 francs. Le matériel comprend 8 locomotives, 44 voitures à voyageurs, 60 wagons à marchandises.

Les trains, au nombre de 8 par jour, 4 dans chaque sens, parcourent le trajet en deux heures sans arrêt : ces trains ont quelquefois jusqu'à 29 voitures de voyageurs et peuvent emporter 2.500 passagers.

Érection rapide d'un pont. — Le chemin de fer de Détroit et Milwankee (États-Unis) traverse la Grande-Rivière aux Grands Rapides (Michigan). Un pont en bois avait été construit il y a dix-neuf ans; il se composait de 5 travées d'environ 30 mètres et de 2 travées d'approche de 20 mètres, soit une longueur totale de 190 mètres. Il vient d'être remplacé récemment par un pont en fer : la *Railroad Gazette* fournit sur cette opération les renseignements suivants, que nous nous bornons à reproduire sans qu'il nous ait été possible d'en trouver la confirmation d'une manière certaine.

Le pont en fer a été construit à Détroit, à une distance de 256 kilom. environ de l'emplacement qu'il devait occuper : les poutres de 30 mètres, construites en tôle, fers cornières et fer à T, furent amenées à pied d'œuvre par des trains spéciaux; chacune d'elles avait 3 mètres de hauteur et pesait 20 tonnes; elle reposait sur trois trucks; des dispositions spéciales avaient été prises pour que le passage dans les courbes se fît sans difficulté.

Dans le nouveau pont, le plancher est au niveau de la table supérieure des poutres, à 2 mètres environ au-dessus du niveau de l'ancien pont. Le 27 octobre, samedi, à 7 heures du soir, le

dernier train traversa le pont : aussitôt on commença à déplacer l'ancien pont et a élever la voie aux abords du pont : l'érection du nouveau pont commença le dimanche au lever du soleil. Les poutres furent placées entre les fermes du pont en bois ; puis celles-ci enlevées, les premières furent mises à leur place et abaissées en même temps au niveau convenable. Les tirants latéraux et les contreventements furent aussitôt placés et rivés ; en même temps, les ouvriers de la compagnie du chemin de fer posaient les traverses et les rails.

Le travail fut exécuté sans accident et d'une manière entièrement conforme aux dispositions qui avaient été projetées. Un train traversa le nouveau pont le lundi 29 octobre, à 5 heures du matin, *trente-quatre* heures après qu'on eut commencé la démolition de l'ancien pont.

N° 13

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages anglais.

BENDER (Chass., C. E.). Practical Treatise on the Properties of Continuous Bridges. (Van Nostrand's Science Series, No. 26.) 18mo, bds. New-York. . . . . 2 sh. 6 d.
Traité pratique des poutres continues.

COUCHE (C.). Permanent Way, Rolling Stock, and Technical Working of Railways. Translated by J. N. Shoolbred. Vol. I. 4to. Dulau. . . . . 40 sh.
Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer, traduit par Shoolbred.

DU BOIS (A. J.). Elements of Graphical Statics, and their Application to Framed Structures, etc. 1 vol. text, and 1 vol. plates. 2nd ed., revised and partly rewritten. 8vo. New York. 25 sh.
Éléments de statique graphique et application.

EDDY (H. T.). New Constructions in Graphical Statics. Ten Engravings and Nine folding plates. 8vo, pp. 62. New-York. 7 sh. 6 d.
Nouvelles constructions de statique graphique.

FANNING (J. T.). A Practical Treatise on Water Supply Engineering. 8vo. . . . . 30 sh.
Traité pratique des distributions d'eau.

GREENE (Prof. C. E.). Graphical Analysis of Roof Trusses, for the Use of Engineers, Architects, and Builders. 8vo. Chicago and New-York. . . . . 9 sh.
Analyse graphique des combles.

HATFIELD (R. G.). Theory and Transverse Strains and its Application in the Construction of Buildings. With Tables of the Dimensions of Floor Beams, Headers, and Roller Iron Beams; Results of Original Experiments on the Tensile, Transverse, and Compressive Strengths of American Woods. Illustrated. 8vo, pp. 630. New-York. 30 sh.
Théorie des efforts transversaux et leurs applications.

HIGHAM (Thomas). Hydraulic Tables. Roy. 8vo, sd. Spon. . 5 sh.
Tables d'hydraulique.

LAGOUT (Édouard). Takimetry: Concrete Geometry in Three Lessons—Accessible—Inaccessible—Incalculable. Fundamental Takimetry. Translated, with the unpublished Additions of the Author, by Daniel Wilson Gwynne. 8vo, sd., pp. 54. Collins. 2 sh. 6 d.
Tachimétrie; traduit par D. W. Gwynne.

PARLIAMENTARY PAPERS. P. S. King street. London.
Documents parlementaires.

— Canal Boats. Report on Bill. . . . . 1 d.
Bateaux pour les canaux.

— Lighthouses, etc., Local Inspection. Report. . . . . 1 d.
Inspection locale des phares, etc.

— Metropolis Street Improvements. Sites for Dwellings. Return. . . . . 1 d.
Amélioration des rues.

RAILWAYS: Accidents. Oct. to Dec. 1876; Jan. to March 1877. Reports and Returns.
Chemins de fer: accidents. Oct. 1876 à mars 1877. Comptes rendus et rapports.

— Report on Radstock Accident. . . . . 2 sh. 3 d.
Accident de Radstock.

— Continuous Brakes. Correspondance. . . . . 4 d.
Freins continus.

— Use of Steel in Railway Structures. Report. . . . . . 2 d.
Emploi de l'acier dans la construction des chemins de fer.

— Signal Arrangements and System of Working. Return. 9 d.; 8 d.
Signaux et système d'exploitation.

RIVERS POLLUTION. 5th Report. Pollution from Mining Operations.
Pollution des rivières.

— Roads and Bridges, Scotland. Valuation, etc. Return. 2 d.
Routes et ponts d'Écosse.

— Thames. Prevention of Floods. Report and Evidence. 8 sh.
Tamise. Inondations.

— Thames Conservancy. Report for 1876. . . . . 1 d.
Conservation de la Tamise.

TRAMWAYS. Use of Mechanical Power. Report and Evidence. 2 sh. 9 d.; 1 d.
Tramways. Emploi des forces mécaniques.

REYNAUD (Léonce). Memoir upon the Illumination and Beaconage of the Coasts of France. Trans. by Peter C. Haines. With 39 Plates. 4to. hf.-mor., pp. 226. Washington. . . . . 147 sh.
Sur l'éclairage et le balisage des côtes de France.

SOCIETY OF ENGINEERS'. Transactions for 1876. Edited by P. H. Nursery. 8vo. Spon. . . . . 15 sh.
Comptes rendus des séances de la société des ingénieurs.

STAHL (A. W.). Transmission of Power by Wire Ropes. (No. 28 in Van Nostrand's Science Series.) 18mo, bds. New-York. 2 sh. 6 d.
Transmission de la force par câble.

WEYRAUCH (Dr. P. J. J.). Strength and Determination of the Dimensions of Structures of Iron and Steel, with reference to the Latest Investigations. With four lithographic Plates. Translated by H. J. du Bois, with an Appendix by R. H. Thurston. 8vo., pp. XI—210. New-York. . . . . 10 sh.
Constructions en fer et en acier; forces et calculs des dimensions.

WILLIAMS (Frederick S.). The Midland Railway, its Rise and Progress. 3rd ed. 8vo, pp. 686. Bemrose. . . . . 21 sh.
La compagnie du chemin de fer du « Midland ».

WOOD (De Volson). Treatise on the Theory of the Construction of Bridges and Roofs. Illust. 2nd ed. 8vo, pp. x—250. New-

York. . . . . 15 sh.
Théorie de la construction des ponts et des combles.

Ouvrages espagnols.

V. de Alzola, ingeniero de caminos, canales y puertos. Teoria del cálculo de las vigas rectas. . . . . 16 r.
Théorie du calcul des poutres droites.

R. Cerero, coronel de ingenieros. Memoria sobre las armaduras destinadas á sostener las cubiertas de los edificios. . . . . 8 r.
Mémoire sur les combles.

Pelayo Clairac. Diccionario general de arquitectura y ingeniera. Madrid.
Dictionnaire général d'architecture et de génie civil

Inchaurrandieta, Sanz, etc., alumnos de la escuela de ingenieros de caminos, canales y puertos. Sifones del canal de Lozoya. . . . . 6 r.
Siphons du canal de Lozoya.

A. Mayo, ingeniero jefe. Descripcione de los aparatos de alumbrado de los faros. . . . . 20 r.
Appareils d'éclairage des phares.

J. A. Rebolledo, ingeniero jefe y Profesor de la escuela de caminos, canales y puertos. Construccion general. 1 vol. in-4°, 486 p. y un atlas in-folio de 35 laminas. Madrid. . . . . . 42 p.
Construction générale.

— Manual del constructor practico. . . . . 36 r.
Manuel du constructeur pratique.

P. de la Sala, ingeniero jefe. Estudios sobre las inundaciones. 4 r.
Étude sur les inondations.

— Señales maritimas. . . . . 42 r.
Signaux maritimes.

— Formulas para el cálculo de las lentes y prismas reflectores. 4 r.
Formules pour le calcul des lentilles et des prismes réflecteurs.

L. del Valle, ingeniero director del canal de Lozoya. Memoria sobre las filtraciones del Lozoya. . . . . 4 r.
Infiltrations du Lozoya.

N° 14

DESSÉCHEMENT DU LAC FUCINO.

MÉMOIRE

Par M. Alfred DURAND-CLAYE, ingénieur des ponts et chaussées.

Introduction. — Parmi les grands travaux de génie rural exécutés dans ces dernières années, un des plus considérables est le desséchement du lac Fucino (*). Entrepris et poursuivi par la persévérante initiative et aux frais exclusifs d'un riche capitaliste romain, le prince Alexandre Torlonia, ce desséchement a été dirigé, au point de vue technique, par des ingénieurs français, l'illustre Montricher, MM. Bermont et Brisse. Ce dernier, en collaboration avec M. de Rotrou, agent administratif et financier de l'entreprise, a présenté dans un très-intéressant mémoire l'historique et le détail de tous les travaux exécutés. Nous devons à l'obligeance du prince Torlonia communication de ce mémoire. Les quelques lignes qui vont suivre n'en sont qu'un résumé sommaire.

§ 1er. — LE LAC FUCINO. — CONDITIONS PHYSIQUES.

Situation. — Le lac Fucino est situé dans l'Italie centrale, dans l'ancien pays des Marses, compris longtemps

(*) M. l'Inspecteur général L. Reynaud a publié dans l'*Encyclopédie nouvelle* de MM. J. Reynaud et Pierre Leroux (1837) d'intéressants détails historiques sur les travaux de desséchement du

dans le royaume des Deux-Siciles, et correspondant à la province actuelle d'Aquila (seconde Abruzze ultra), à une distance au sud de Rome, de 86 kilomètres, et au nord de Naples, de 155 kilomètres. La sous-préfecture d'Avezzano est à un peu plus de 1 kilomètre de ses bords. (Voy. *fig.* 1, Pl. 6.)

Topographie. Hydrologie. — Le lac occupait le fond d'une immense cuvette de 65.000 hectares d'étendue, dont le point bas est à la cote 657 mètres au-dessus du niveau de la mer. Son étendue moyenne était de 15.000 hectares environ, avec une profondeur variant de 9 à 22 mètres. Sa forme était elliptique, offrant 20 kilomètres dans sa plus grande dimension et 11 kilomètres dans la plus petite. Toutes les eaux des montagnes, dont le cirque couronnait le lac, venaient s'y accumuler. Là, ces eaux ne trouvaient aucun écoulement; une arête abrupte, le mont Salviano, séparait le lac du cours d'eau le plus voisin, le Liri, affluent du Garigliano, lequel vient se déverser dans la Méditerranée, au golfe de Gaëte. (Voy. *fig.* 1, Pl. 6.) Cette disposition toute spéciale créait aux localités riveraines une situation désastreuse; lorsqu'une série d'années humides se succédaient, les eaux s'accumulaient, le niveau du lac montait; les rives étaient inondées et des surfaces considérables de terres arables, toujours précieuses dans un pays de montagnes, disparaissaient. Puis, lorsque arrivait une série d'années sèches, le lac se retirait peu à peu, la confiance renaissait; la culture reprenait possession des rives, jusqu'à ce qu'une nouvelle crue vînt ronger les bords, anéantir lentement, mais sûrement, les récoltes et quelquefois transformer en îles les collines occupées par des vil-

lac Fucino par les Romains. — (Tome III, p. 188.) — Dans son Rapport sur les travaux du génie civil à l'Exposition universelle de Vienne (1873), M. l'Inspecteur général Kleitz a présenté un excellent résumé des travaux modernes. A. D. C.

lages entiers; c'est ainsi qu'en 1861 le village d'Ortucchio était complétement isolé de la terre ferme. (Voy. *fig.* 1, Pl. 6.)

Quelques chiffres vont servir à spécifier cette remarquable allure du lac Fucino. Le climat de la contrée comporte une quantité annuelle de pluie assez forte; des observations poursuivies de 1854 à 1873 ont donné par an une hauteur de 0m,7634. Les pluies sont plutôt abondantes que fréquentes; on compte 90 jours de pluie par an avec des hauteurs moyennes atteignant 0m,008 en hiver et 0m,011 en automne.

D'après la constitution topographique du bassin, ces masses d'eau ne pouvaient disparaître que par quelques infiltrations communiquant avec les nappes souterraines et surtout par l'évaporation, qui a été reconnue expérimentalement capable d'enlever par an une couche d'eau de 1m,85 d'épaisseur au-dessus du lac et de 0m,40 au-dessus des terrains voisins. C'est de l'absence d'équilibre entre ces causes de disparition des eaux et entre les phénomènes hydrologiques que naissaient ces variations de niveau du lac, dont nous avons indiqué les fâcheuses conséquences. La *fig.* 7, Pl. 7 donne la courbe représentative des hauteurs du lac, depuis l'année 1783, date des premières observations ayant quelque caractère de certitude. Toute la fin du XVIIIe siècle est marquée par une crue qui s'étend jusqu'en 1816; pendant cette période le lac éprouve une montée totale de 9m,257 et atteint une profondeur de 21m,838. Puis, une baisse se manifeste jusqu'en 1835; le niveau décroît de 12m,431; la profondeur tombe à 9m,407. Le mouvement ascensionnel reprend ensuite et se continue, avec quelques oscillations jusqu'en juin 1861; la nouvelle crue est de 9m,198, avec une profondeur d'eau de 18m,60. La superficie totale du lac était alors de 15.775 hectares. La montée totale de 1783 à 1861 avait été finalement de 6m,024.

Il n'est pas inutile d'ajouter que des torrents amenaient sans cesse dans le lac les terres, arrachées aux flancs des montagnes voisines; le fond du lac montait ainsi de $0^m,25$ à $0^m,30$ par siècle; depuis l'empire romain jusqu'à nos jours, il s'était ainsi relevé de près de 5 mètres; les inondations étaient rendues d'autant plus fréquentes et plus faciles.

---

§ 2. — HISTORIQUE.

Antiquité. — Ces phénomènes, constatés dès l'antiquité, avaient suscité les plaintes énergiques des riverains. Les Marses avaient cru remédier à la situation en faisant un dieu du lac et en lui présentant des offrandes. Mais le résultat de cette déification ayant été nul, on dut revenir à un système d'assainissement plus pratique. J. César pensa le premier à dessécher le lac; mais le projet ne fut sérieusement repris que sous l'empereur Claude. L'affranchi Narcisse fit entrevoir à son maître les bénéfices considérables que pouvait amener la mise à sec d'une vaste surface de terrain. Les travaux furent entrepris; ils durèrent 11 ans et occupèrent, d'après le dire de Suétone et de Pline l'Ancien, une véritable armée de 30.000 hommes. Le projet comportait l'exécution d'un émissaire d'évacuation, percé sous le mont Salviano, et aboutissant au fleuve Liri. Cet émissaire ne devait pas amener le desséchement complet du lac; son origine était à $1^m,20$ en contre-haut du fond du bassin. Mais, tout en maintenant une surface lacustre réduite, il devait assurer l'écoulement des eaux au-dessus d'un niveau déterminé et éviter ainsi les inconvénients résultant des variations de l'étendue mouillée.

L'œuvre de Claude est vraiment faite pour exciter l'étonnement de l'ingénieur, lorsqu'on songe que ceux qui l'entreprirent et la menèrent à bonne fin n'avaient à leur

disposition ni la poudre, ni la vapeur, ni aucun des engins de la mécanique moderne. L'émissaire, en type normal, offrait une section de 5mq,05 avec une largeur de 1m,80 et une hauteur de 3 mètres. (Voy. *fig.* 2, Pl. 8.) Sa longueur était de 5.697m,43, avec une pente totale de 8m,444, soit 0m,0015 environ par mètre. Pour exécuter cet immense tunnel, les architectes romains avaient foré 40 puits de section carrée, dont quelques-uns atteignaient une profondeur de 122 mètres et dont plusieurs étaient revêtus, non-seulement de boisage, mais même de véritable chemises en maçonnerie. (Voy. profil en long, *fig.* 2, Pl. 6.) (*). En outre des galeries inclinées, dites *cuniculi*, descendaient obliquement vers les puits et vers l'émissaire. Ces cuniculi servaient à aérer les puits, à permettre la montée et la descente des ouvriers, ainsi que l'extraction des matériaux; enfin, vers la partie située immédiatement sous la crête du Salviano, au point où la profondeur était telle que le creusement de puits verticaux devenait impossible, ces cuniculi, par leur inclinaison, permettaient de rapprocher les points extrêmes d'aération et d'extraction et de réduire à 400 mètres la distance horizontale percée sans communication supérieure avec le sol. L'ensemble des puits et des cuniculi représentait au moins une longueur de forage double de la longueur même de l'émissaire. L'extraction d'une pareille masse de déblais s'exécutait à l'aide de treuils élémentaires et de simples seaux cylindro-coniques en cuivre, dont la capacité ne dépassait pas 40 litres et dont plusieurs spécimens ont été retrouvés dans les fouilles des travaux modernes. C'est sans doute par les mêmes procédés que les Romains ont accompli d'autres travaux souterrains, moins importants, mais encore bien remarquables,

(*) Les puits marqués R sont ceux qui n'ont pas été retrouvés au moment des recherches des ingénieurs napolitains de 1835 à 1842, et qui ont été reconnus seulement dans les travaux modernes.

tels que la grotte de Séjan (900 mètres de longueur), la grotte du Pausilippe (750 mètres) et le tunnel du lac Arverne (800 mètres), tous situés aux environs de Naples.

Malheureusement si la conception et les lignes principales de l'émissaire étaient réellement grandioses, l'exécution laissa souvent à désirer dans le détail. La section varia de forme et d'étendue, passant de 4 mètres carrés à 13^{mq},50. Ce qui était plus grave, le radier présenta des contre-pentes. (Voy. profil en long, *fig.* 2, Pl. 6.) Lorsque des éboulements survinrent, notamment dans la partie centrale où les argiles remplaçaient la roche, on abandonna le tracé rectiligne pour faire une déviation de 132 mètres de longueur dont le tracé était fort irrégulier et la section excessivement réduite. L'émissaire fonctionna malgré ces fautes, qui étaient connues dès l'antiquité et qui furent vivement reprochées à Narcisse, notamment par l'historien Tacite. Deux inaugurations solennelles eurent lieu; dans la première, deux flottes montées par des gladiateurs et des condamnés luttèrent sur le lac dont les eaux furent teintes de sang humain, avant de se précipiter dans l'émissaire. Après quelques travaux reconnus indispensables aux ouvrages de tête de l'émissaire, ouvrages mal combinés pour permettre l'entrée des eaux et la vidange du lac, une seconde fête eut lieu; les eaux pénétrant avec impétuosité dans le canal, rompirent les parois du puits d'introduction et bouleversèrent l'estrade où se tenaient Claude, Agrippine et toute la cour. (Voy. Tacite, *Annales*, XII et LVII.) Malgré cette malencontreuse mise en train, l'émissaire paraît avoir rempli son office tant bien que mal durant quelque temps. Trajan et Adrien réparèrent les graves avaries qui s'étaient déjà produites. Des vestiges d'habitations romaines, retrouvées sous les eaux du lac, permettent de penser que, grâce à l'émissaire, la surface du lac fut pendant plusieurs siècles réduite à 7.000 hectares environ. Mais peu à peu, les éboulements et la ruine des maçonneries amenèrent le comble-

ment progressif. Au moyen âge, il ne subsistait que des ruines informes à la tête du vieil émissaire romain.

Temps modernes. — Au XIIIe, au XVe, au XVIIe siècle, on trouve des traces d'études et même de quelques travaux relatifs au déblayement du canal de Claude. La crue que nous avons signalée à la fin du XVIIIe siècle attira de nouveau l'attention du gouvernement napolitain sur la question. L'abbé Lolli et l'ingénieur Stile étudièrent et proposèrent la restauration de l'émissaire romain. Les événements de la Révolution et de l'Empire arrêtèrent tout commencement de travail. La question fut reprise en 1816 : après de longues et vives discussions, l'ingénieur Afan de Rivera obtint du gouvernement napolitain un crédit de 42.500 fr. pour explorer la galerie; grâce à quelques boisages et quelques déblais, il put parcourir en 1835 cette galerie dans presque toute sa longueur. Mais ce fut tout; aucun travail sérieux ne fut entrepris; les infiltrations et les éboulements recommencèrent; les boisages nouvellement placés pourrirent, s'affaissèrent et entraînèrent dans leur chute les terres voisines; la situation était plus mauvaise qu'avant les travaux de recherche.

Ce ne fut qu'en 1851, devant la montée constante des eaux et en présence de réclamations de plus en plus vives, que le gouvernement napolitain se décida à s'adresser à l'industrie privée pour accomplir l'œuvre qu'il avait été incapable d'entreprendre. Le desséchement du lac, avec propriété des terrains desséchés, fut concédé à une société industrielle. Le cahier des charges de la concession contenait, il est vrai, des clauses d'une rigueur excessive ou d'une injustice évidente; pour une œuvre de cette importance, qui intéressait la salubrité et la richesse générales du pays, on exigeait que les projets fussent prêts en quatre mois, que les travaux fussent terminés en huit ans, que des travaux indéterminés de rectification du Liri fussent au

besoin mis à la charge du concessionnaire, etc. Aussi, après un projet forcément très-sommaire de deux ingénieurs anglais, MM. Hutton-Gregory et W. Parkes, l'affaire n'aurait-elle pas eu cette fois encore de suite, si le prince Torlonia, qui avait déjà souscrit la moitié du capital, n'eût racheté la totalité des actions et pris à sa charge personnelle l'entreprise avec tous ses risques et périls. Tandis qu'il apportait à l'opération l'aide d'un capital considérable, il entamait avec le gouvernement napolitain des négociations qui lui permirent, moyennant le payement d'une somme de 85.000 livres, d'échapper aux clauses du cahier des charges les plus menaçantes pour la mise en train des travaux. En même temps (1854) il appelait pour rédiger les plans définitifs et diriger les chantiers M. de Montricher, qui venait de terminer le canal de Marseille. Dans de pareilles mains, l'œuvre projetée devait rapidement passer de la théorie à la pratique. Dès le mois de juillet 1854 les chantiers étaient ouverts. Ce qu'on peut appeler l'histoire ancienne du desséchement était terminé. Pendant vingt-deux ans (1854-1876) les travaux allaient se poursuivre sans interruption pour aboutir à un succès complet. Mais M. de Montricher ne devait pas jouir de la récompense qu'il méritait. Le 28 mai 1858, au retour d'une inspection des travaux, il mourait à Naples d'une fièvre typhoïde. Un de ses lieutenants, M. Bermont, ancien chef de section au canal de Marseille, lui succédait. Douze ans plus tard, M. Bermont succombait à son tour, le 19 mai 1870.

Ce fut M. Brisse, ancien collègue de M. Bermont, qui eut l'honneur de présider au premier écoulement des eaux et de mener à bonne fin le desséchement complet du lac.

Travaux modernes. — Les ouvrages exécutés comprennent deux parties distinctes :

L'émissaire proprement dit;

Les travaux auxiliaires du desséchement et d'aménagement de l'ancienne surface lacustre.

Nous examinerons successivement ces deux grandes divisions.

---

§ 3. — ÉMISSAIRE MODERNE.

Plan. — L'émissaire proprement dit suit en plan le tracé général de l'émissaire romain. Il se compose de deux grands alignements droits AB, BC (voy. *fig.* 1, Pl. 6) raccordés avec le fond du lac par une ligne CD. On était naturellement conduit à suivre dans les travaux modernes le tracé des anciens, afin d'utiliser par un simple déblayement les puits romains. Quant au choix par les Romains d'un tracé brisé, il semble avoir été dicté par le désir de rester autant que possible sous la plaine des Champs Palatins et d'éviter, en suivant cette dépression du sol, une profondeur exagérée des puits, tout en venant ensuite percer normalement, sous la moindre épaisseur possible, le massif du Salviano.

La longueur de l'émissaire moderne est de 6.301^{m},48; elle est supérieure de 600 mètres environ à celle de l'émissaire ancien; dans le système nouveau, en effet, on a cherché le desséchement complet du lac et l'on a dû, en abaissant le radier, augmenter la longueur de la galerie.

Profil en long. — Le radier part à 6^{m},26 en contre-bas du niveau des parties les plus basses du fond du lac, lesquelles sont à la cote 657 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il offre une pente continue de 0^{m},001 par mètre, sauf sur les 360 premiers mètres où la pente est de 0^{m},002. (Voy. *fig.* 3, Pl. 6.) (*).

(*) Les ordonnées sont rapportées à un point de comparaison établi à 2^{m},613 au-dessus du radier romain, à l'embouchure sur le Liri.

Section tranversale. — La section transversale de la galerie présente un radier en arc de cercle, avec pieds-droits et voûte de forme ovoïde. La largeur aux naissances est de 4 mètres et la hauteur sous clef de $5^{m},76$. (Voy. *fig.* 3, Pl. 8.) La surface de vide est ainsi de $19^{mq},609$. L'émissaire, avec ces dimensions tranversales et sa pente de $0^{m},001$, est capable de débiter 50 mètres cubes à la seconde. Il assure ainsi l'assèchement continu du lac, même dans la plupart des cas exceptionnels. Des observations poursuivies pendant vingt ans ont en effet permis de constater que le cube alimentaire du lac, provenant des eaux de tous les versants voisins, est en moyenne de $11^{mc},50$ seulement, avec un maximum moyen au printemps de $15^{mc},82$ et un minimum à l'automne de $5^{m},33$. En hiver le cube moyen est de $9^{mc},82$ et en été de $8^{mc},33$. Pendant les vingt années d'observations, quinze fois seulement et pendant une durée totale de 360 heures, le débit à écouler a dépassé 50 mètres cubes ; il s'est toujours maintenu au-dessous de 70 mètres cubes, sauf dans trois cas exceptionnels. Avec un bassin de réserve, destiné à ces cas excessivement rares (voy. *infrà*), l'émissaire, après avoir servi à une première vidange générale du lac, assure donc largement d'une manière continue le débit du cube affluent.

Parties maçonnées. — La galerie a été laissée sans revêtement sur une longueur de 2.574 mètres percés dans la roche compacte. Sur $3.412^{m},48$ percés dans l'argile ou dans des roches désagrégées, on a établi un revêtement de pierres de taille conformément à la section de la *fig.* 3, Pl. 8. Sur 315 mètres percés dans un poudingue calcaire, le revêtement est en briques.

Ouvrages de prise d'eau. — L'introduction des eaux dans l'émissaire est réglée par les divers ouvrages, indiqués aux *fig.* 1, 2, 3, 4, 5, 6, Pl. 7. La galerie s'élargit coniquement de

manière à prendre une largeur de 6 mètres et à offrir une section totale de 40 mètres carrés. Puis elle se partage en deux galeries d'entrée, de 6 mètres de longueur, 5m,375 de hauteur et 2 mètres de largeur. A la tête de ces galeries se trouvent de fortes vannes, manœuvrées d'une chambre supérieure et destinées à régler et arrêter au besoin l'écoulement des eaux. En avant des vannes se trouve un bassin de charge de 19m,65 de largeur; il présente un seuil de 2m,75 de chute. Ce seuil se raccorde par un radier maçonné avec le fond du canal collecteur central qui assure l'assèchement de la surface lacustre. Il a été établi parce que, en cours d'exécution, il fut jugé prudent de ne pas pratiquer de profondes tranchées dans l'ancien lit du lac sur le tracé du collecteur et qu'on répartit par suite la pente de 6m,26, disponible, entre le collecteur, qui ne conserva que 0m,143 d'inclinaison par kilomètres et le seuil de 2m,75 en question. A 16m,80 au delà du seuil sont placées les rainures d'un barrage à poutrelles, formé de trois arches de 4 mètres d'ouverture, séparées par deux piles en maçonnerie supportant une passerelle. Le bâtiment des vannes renferme un logement de gardien, un magasin et des escaliers communiquant avec l'émissaire.

Exécution des travaux. — La description sommaire que nous venons de présenter fait pressentir l'importance et la difficulté des travaux qu'a dû exiger le percement de l'émissaire Torlonia.

Si le parti adopté de suivre le tracé romain était parfaitement justifié par la possibilité d'utiliser les puits et cunicules anciens, il ne faut pas oublier que les dimensions de l'émissaire moderne et son rôle d'évacuateur complet exigeaient souvent la création d'une galerie nouvelle et au moins un abaissement et un élargissement de la galerie romaine. Les irrégularités de cette dernière, les éboulements survenus pendant une longue période de siècles et

enfin les travaux mêmes des ingénieurs napolitains avaient accru les difficultés naturelles d'un important travail souterrain. Les trois quarts environ de l'émissaire devaient être percés dans la roche compacte ou éboulée, et le reste dans l'argile et le sable imprégnés d'eau provenant des nappes souterraines et même d'abondantes infiltrations directes du lac. Les couches traversées se sont en effet réparties de la manière suivante :

Calcaire compacte. . . (D sur le profil en long) 3.533 mètres.
Roche brisée et cailloux roulés. . . . . (E sur le profil en long) 524 mètres.
Poudingue formé de cailloux roulés, enfermés dans une pâte calcaire. . . . . (F sur le profil en long) 864 mètres.
Argiles et sables. . . . (G sur le profil en long) 1.380 mètres, dont 732 mètres dans la partie centrale du massif à traverser et le reste au voisinage du lac.

C'est dans ces milieux divers, toujours difficiles soit par leur dureté, soit par leur peu de consistance, qu'on dut exécuter des déblais de 13 à 20 m. c. au mètre courant, en étant assujeti en certains points à des travaux spéciaux de reprise en œuvre et de consolidation des anciens ouvrages. Le régime hydrologique du lac venait lui-même contrarier les travaux en manifestant une crue qui atteignit $4^{m},89$ de février 1852 à juin 1861. Enfin la contrée ne présentait aucune ressource pour l'organisation de chantiers importants. Les habitants, sans être mal disposés, étaient d'une ignorance complète en toutes choses; les approvisionnements étaient des plus difficiles; il fallait tirer de Naples ou de Marseille les outils, les machines, etc.; au début de l'entreprise, la route carrossable d'Avezzano était seulement en construction; il était impossible dans ces conditions de songer à une vaste entreprise d'ensemble. C'est par une série de tâcherons que les travaux furent entamés et poursuivis; ces tâcherons avaient presque tous

été attirés de Marseille par M. de Montricher. Ils finirent par former aux mains-d'œuvre courantes les habitants du pays. L'ordre le plus parfait ne cessa de régner au milieu des ateliers, même lorsque les événements politiques de 1859-1860 vinrent troubler profondément la péninsule. Plus de deux mille ouvriers continuèrent tranquillement leur travail, et la plaie du brigandage qui se répandit dans les contrées voisines épargna toujours les environs immédiats du lac.

Parmi les travaux exécutés, nous nous contenterons de signaler ceux qui présentèrent un caractère spécial de difficulté : le percement de la galerie courante, la manutention et l'extraction des déblais furent pratiqués suivant les règles ordinaires des travaux souterrains.

Travaux de défense dans le lac. — En tête de l'ancien émissaire, du côté du lac, il fut nécessaire, dès la première heure, de se défendre contre la crue des eaux et contre les infiltrations qui se produisaient avec abondance entre les fentes d'un calcaire fendillé. Une digue de 1.500 mètres de développement fut en conséquence établie en ce point et munie en arrière d'une digue intérieure de sûreté pour les cas de rupture ou d'infiltration dans la première ligne de défense. Ces ouvrages exigèrent une masse de 180.000 mètres cubes de terrassements et d'enrochements. Créés en 1854, ils furent entretenus et développés par quelques ouvrages accessoires jusqu'en 1861, époque du maximum d'élévation du lac.

Puits et cuniculi. — Les puits furent généralement obtenus par le simple déblayement des anciens puits romains. Ceux-ci, ainsi que l'indique le profil en long (*fig.* 2, Pl. 6), ont été reconnus au nombre de 33, avec 8 cuniculi. On ne rouvrit pas toutes ces anciennes galeries verticales ou inclinées ; celles qui furent remises en service sont indi-

quées au profil en long de l'émissaire moderne (*fig.* 3, Pl. 6) et correspondent aux n°s 2, 7, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32 de la série romaine. Les puits du n° 2 au n° 20 ont des profondeurs moyennes de 80 à 100 mètres. Le puits n° 19 et son voisin 18 *bis* durent être percés entièrement à neuf dans un terrain très-humide. Le puits n° 22 atteignit une profondeur de 122 mètres; il servit à l'aérage seul et non à l'extraction des matériaux. Sur le versant tourné vers le lac les puits furent moins profonds : les puits romains, réouverts du n° 23 au n° 33, eurent des profondeurs de 20 à 50 mètres. Les puits modernes, du n° 33 au n° 40, descendirent de 16^m,90 à 20^m,30 au-dessous du sol. Parmi les *cuniculi*, deux seulement, le *cuniculo del Calderaro* et le *cuniculo Maggiore*, furent déblayés et remis en état de fonctionner; ils servirent, comme du temps des Romains, à aérer la partie la plus profonde du tunnel et même à en extraire les matériaux. A cet effet des treuils à axe vertical furent mis en mouvement par un manége attelé de quatre chevaux et remorquèrent les wagonnets glissant sur des rails; l'angle du plan incliné avec l'horizon était de 25° environ pour le cuniculo del Calderaro et de 16° pour le Maggiore. Le cuniculo del Calderaro présentait en plan un coude qui obligeait à appuyer en ce point le câble sur une poulie; cette poulie était portée par un cadre mobile autour d'un axe vertical qui rentrait dans une chambre par le choc du wagon ascendant et que le wagon descendant remettait en place à l'aide d'un levier articulé et d'un taquet.

Traversée du grand éboulement romain. — Les travaux présentèrent des difficultés tout à fait imprévues au moment où l'on atteignit le grand éboulement qui avait été cause de la déviation de l'émissaire romain, éboulement qui s'était reproduit dans la galerie déviée elle-même après les travaux des ingénieurs napolitains, en 1842. Au moment où

l'on achevait le déblayement du puits n° 20 et tandis que se poursuivait vers le puits 19 la construction de la galerie principale, on vit, en perçant une voûte qui séparait le fonds du puits 20 de l'émissaire romain, l'eau jaillir avec force et accuser une pression de 20 à 23 mètres. Ainsi la partie amont de l'émissaire ancien était pleine d'eau; les terres éboulées formaient seules barrage entre cette masse d'eau et la partie aval où se poursuivait le travail courant, au milieu de boues, de cailloux, de ruines, de boisages pourris, etc. On conçoit la prudence qu'il convenait d'apporter aux travaux en ce point, à une distance de 3.500 mètres de la tête du nouvel émissaire, et à 80 mètres de profondeur au-dessous du sol. M. de Montricher, qui présidait encore aux travaux, prit le parti suivant : il admit que l'éboulement d'une part et la maçonnerie de la galerie romaine seraient en état de supporter sans danger la pression de l'eau intérieure; sous le radier de la galerie romaine on percerait une galerie d'essai; à un moment donné et avec les précautions voulues on pratiquerait des trous dans le radier romain; par ces trous les eaux s'écouleraient et suivraient leur marche d'évacuation par la partie déjà exécutée du nouvel émissaire. Les *fig.* 13, 14, 15, 16, 17, 18 de la Pl. 8 donnent les détails d'exécution de cette opération délicate et audacieuse dont le succès fut complet. De R en S, on voit la petite galerie percée sous l'émissaire romain; cette galerie, de $2^m,50$ de haut sur $1^m,70$ de large, était fortement boisée par des cadres très-rapprochés et très-forts ($0^m,35$ d'écartement et $0^m,25$ d'équarrissage). Lorsque cette galerie fut établie sur 85 mètres de longueur, on s'aperçut par quelques sondages que l'éboulement était dépassé et qu'on se trouvait au-dessous de l'eau. Un mur en maçonnerie fut alors établi en Q, à 10 mètres de la tête de la petite galerie; dans ce mur fut ménagée une ouverture P, munie d'une porte avec couvre-joints en caoutchouc. A la partie inférieure fut placé un tube de fonte O qui venait par un double

coude se terminer en A dans la partie intacte de l'émissaire romain ; ce tube pouvait se fermer par un clapet placé à sa partie supérieure. Cet ensemble de dispositions assurait l'écoulement de l'eau vers l'émissaire ; restait à introduire cette eau dont la masse était encore emprisonnée par l'éboulement et la maçonnerie romaine. A cet effet, dix trous furent percés dans cette maçonnerie au delà de l'éboulement et poussés d'abord dans le massif, épais de 1m,20, jusqu'à 0m,30 de l'intrados. On scella dans ces trous des tubes en fonte T de 0m,20 de diamètre. Puis, à l'aide de deux tiges métalliques *tt*, fixées aux montants des cadres, on vint placer au-dessous de chaque tube une armature en fer *aa* munie de vis à manivelles *bm* (*fig.* 17, 18) ; l'armature, qui pouvait être solidement fixée en un point quelconque des tiges par des vis de pression, servait d'écrou aux vis. Celles-ci supportaient à leur partie supérieure un obturateur en bois V, muni d'une plaque en caoutchouc. Ces appareils étant placés entre leurs tringles, en dehors de la projection horizontale des trous, et les vis étant au bas de leur course, on acheva de percer la maçonnerie romaine sur les 0m,30 restants dans chacun des dix trous. Dès que cette opération était terminée pour un trou, l'appareil obturateur était rapidement amené dans l'axe de ce trou, les manivelles étaient manœuvrées, les vis venaient appuyer l'obturateur contre l'orifice ; en quelques secondes la fermeture était complète, le cube d'eau écoulé étant resté insignifiant. Lorsque tous les trous furent ainsi munis de leurs obturateurs et solidement fermés, on vint placer sous chacun d'eux une chandelle en bois *y*, *y*, articulée en son milieu et fortement coincée (*fig.* 15 et 16). Ces chandelles servirent de supports aux obturateurs ; les armatures à vis devenues inutiles furent enlevées. Chaque chandelle était munie d'un anneau métallique. Tous ces anneaux furent solidement reliés les uns aux autres par des câbles, commandés en tête par une chaîne métallique, laquelle s'enroulait sur un treuil X (*fig.* 14). Ce treuil fut

placé à quelques pas du mur Q. En le manœuvrant les dix chandelles se plièrent autour de leur axe central, les dix obturateurs tombèrent et l'eau se précipita par les ouvertures correspondantes. Les hommes qui manœuvraient le treuil se retirèrent rapidement par la porte P qu'ils fermèrent derrière eux et l'eau trouva son écoulement par le tube O. On conçoit la hardiesse de cette opération entreprise à 100 mètres de profondeur et à 90 mètres du puits le plus voisin (puits n° 19). Elle réussit sans aucun accident, et une pompe de secours préparée dans une galerie spéciale resta heureusement sans emploi.

Percement du mur napolitain de 1842, *des murs de* 1859 *et* 1861. — Une difficulté du même genre se présenta lorsqu'on rencontra, à 4.660 mètres environ de la tête, un fort mur de 3 mètres d'épaisseur construit en 1842 par les ingénieurs napolitains pour s'opposer à l'introduction des eaux, venant des infiltrations de la nappe et du lac dans la partie de l'ancien émissaire qu'ils avaient partiellement déblayée. On savait qu'une masse d'eau considérable était retenue par le mur napolitain formant barrage. On suivit une marche analogue à celle qui avait réussi à l'éboulement romain. Un mur de $1^{m},50$ d'épaisseur (*b*, *fig.* 19, Pl. 8) fut construit à $3^{m},25$ en avant du mur napolitain, percé à sa partie supérieure d'une ouverture rectangulaire avec porte, et muni à sa partie inférieure d'un tube en fonte de $0^{m},80$ de diamètre avec clapet. Dans le mur napolitain, on perça une ouverture jusqu'à $0^{m},40$ environ de la paroi intérieure et on la munit d'un tube en fonte C de $0^{m},80$ de diamètre. Ce tube était fermé par un obturateur *d*, maintenu en place par une chandelle articulée et manœuvrée par un treuil, dont le câble passait par la partie supérieure du mur *b*. Dans l'obturateur *d* étaient ménagés quatre trous (*fig.* 20). Dans ces trous furent manœuvrées quatre barres à mine, qui achevèrent la démolition de l'épaisseur *ef* restant dans

le mur napolitain au droit du tube métallique. Cette opération terminée, on fit manœuvrer la chandelle; l'obturateur tomba; les eaux se précipitèrent en masse, trouvèrent devant elles le tube de $0^m,80$ ménagé dans le mur *a* et s'écoulèrent sans accident par la partie déjà faite de l'émissaire.

Des murs, munis de clapets, furent encore installés à deux reprises différentes : en 1859, aux environs du caniculo Maggiore, en un point où les infiltrations se montrèrent très-abondantes, et en 1861 près du puits n° 27 : les *fig.* 21, 22, 23, 24, Pl. 8, donnent les détails de cette dernière installation : en ce point les infiltrations provenant en grande partie directement du lac par les fissures de la roche atteignaient 3 mètres cubes par seconde.

Vidanges successives du lac. — Il devint utile et nécessaire, une fois les travaux parvenus au mur que nous venons d'indiquer, à 5.200 mètres environ de la tête, de commencer la vidange du lac. L'exécution de la dernière partie de l'émissaire devait se simplifier d'autant, et du même coup on allait vérifier la galerie, dans la partie déjà terminée. Un canal provisoire de vidange fut creusé sur une longueur de $103^m,60$, avec une pente de $0^m,092$ et une section de $3^{mq},376$. Sa direction faisait une angle de 45° avec celle de la galerie principale. Il aboutissait à un bassin provisoire de prise d'eau, profond de 7 mètres. Deux barrages à poutrelle de 4 mètres de large, séparés par une pile en maçonnerie, permirent l'introduction de l'eau de superficie, tandis que deux puisards communiquant avec le fond du bassin amenaient l'eau en pression, agitaient les couches profondes et évitaient les envasements.

L'écoulement commença le 9 août 1862 et dura jusqu'au 30 septembre 1863. Il eut lieu 405 jours effectifs, avec 12 jours 1/2 d'arrêts provoqués par les craintes des habitants de la ville de Sora, riveraine du Liri, lesquels redou-

taient l'inondation. Pendant cette période, un cube total de 560.845.500 mètres cubes fut écoulé, avec un débit moyen de 16 mètres cubes à la seconde. Le niveau du lac baissa de $4^{m},247$ (voy. *fig.* 7, Pl. 7), laissant une première laisse desséchée de 500 mètres environ.

Après deux années de reprise des travaux (1863-1865) pendant lesquelles le percement et la construction de la galerie furent poussés jusqu'à la tête de l'émissaire romain, à $5.642^{m},64$ de l'embouchure au Liri, on procéda à un nouvel écoulement. On utilisa dans ce but les anciennes constructions romaines de prise d'eau. La vidange dura du 28 août 1865 au 30 avril 1868, avec 764 jours de fonctionnement et 212 jours d'arrêt. Le débit total fut de 633.869.035 mètres cubes et le débit moyen à la seconde de $9^{mc},60$. Le lac s'abaissa de $7^{m},72$, sa profondeur fut réduite à $5^{m},635$ et sa superficie à 9.400 hectares.

Enfin, après un nouvel arrêt qui dura du 30 avril 1868 au 22 janvier 1870, l'écoulement reprit et se continua avec de courtes intermittences, jusqu'à l'épuisement complet du lac, lequel eut lieu en juin 1875.

Durée et résumé de la construction de l'émissaire. — L'émissaire proprement dit avait été terminé en novembre 1869. Sa construction, comprenant $6.301^{m},48$ de galerie principale, $1.427^{m},48$ de puits percés à neuf ou réouverts, 530 mètres de cuniculi remis en état, avait duré treize ans et deux mois.

---

§ 4. — TRAVAUX DANS LE LAC DESSÉCHÉ.

Périmètre lacustre. — *Ouvrages divers.* — Le périmètre lacustre représente, après dessèchement, les dispositions indiquées dans leur ensemble par le plan *fig.* 1, Pl. 6, et en détail dans les *fig.* 6 à 12, Pl. 8.

Il comprend :

Un collecteur central d'asséchement et de vidange;

Uu réseau de fossés d'asséchement;

Un bassin endigué, pouvant former réservoir;

Des collecteurs secondaires, destinés à arrêter et à conduire au collecteur central les eaux des rivières et torrents des versants voisins;

Un réseau de routes, avec routes de ceinture;

Des constructions, correspondant au lotissement de la surface desséchée.

Collecteur central. — Le collecteur central s'étend sur une longueur de 8.000 mètres entre la tête de l'émissaire et l'origine du bassin central, au point K du plan. Sa pente est de $0^{m},143$ par kilomètre. Nous avons déjà fait remarquer que cette pente avait été intentionnellement prise faible, afin d'éviter les ravinements auxquels on était exposé par suite de la nature meuble du terrain; on a vu que le collecteur venait se déverser dans le bassin de prise d'eau de l'émissaire par une chute de $2^{m},75$. La section du collecteur central est donnée par la *fig.* 5, Pl. 8. Elle a 15 mètres au plafond, 21 mètres à la crête avec talus à 45°, ce qui donne à la cuvette une profondeur de 3 mètres. Deux banquettes de 2 mètres raccordent la cuvette avec les talus-limites du collecteur. La profondeur totale à l'origine est de $11^{m},90$. Le cube qui peut être débité par seconde est de 50 mètres, et est égal à celui que peut débiter l'émissaire.

Fossés d'asséchement. — Le réseau des fossés d'asséchement est formé d'une série de rigoles perpendiculaires au collecteur central. Ces rigoles sont indiquées par des lignes doubles au plan de la *fig.* 1, Pl. 6. Elles sont distantes d'un kilomètre les unes des autres. Elles ont une largeur moyenne de 7 mètres. Le réseau est complété par un fossé de ceinture extérieur qui a une longueur de 52 kilomètres et un fossé de ceinture autour du bassin central; ce

dernier fossé recueille les eaux amenées par les rigoles d'asséchement de cette région et les conduit au colleteur principal; il a une largeur en crête de 14 mètres. (Voy. *fig.* 9, Pl. 8.)

Bassin central de retenue. — La partie la plus basse de l'ancien lac a été disposée de manière à former au besoin un vaste bassin de réserve. La ligne horizontale qui le limite naturellement enferme une superficie de 2.200 hectares et peut contenir un cube de 21.413.000 mètres d'eau avec une profondeur maxima de 2m,10. On a notablement accru cette capacité, en construisant suivant cette même ligne horizontale une digue d'une hauteur de 2m,50, sur un développement de 17.850 mètres. La digue permet d'élever 1m,50 plus haut le plan d'eau de retenue et de porter à 55 millions de mètres cubes la réserve. Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, ce bassin central a pour objet de renfermer les quantités d'eau qui peuvent provenir d'averses exceptionnelles, donnant plus de 50 mètres cubes de débit à écouler par l'émissaire à la seconde; il atteindrait le même but si par suite d'une crue rapide et anormale le Liri menaçait ses riverains et cessait de pouvoir recevoir, malgré son large lit torrentiel, les eaux affluant en trop grande masse du bassin lacustre. Enfin, en cas d'avarie de l'émissaire et de sa fermeture momentanée, le bassin recueillerait toutes les eaux des versants et redeviendrait provisoirement un lac fermé. Il permet ainsi d'emmagasiner le cube correspondant à 3 mois d'été et d'exécuter des travaux à sec dans l'émissaire pendant une période égale de temps. (Voy. *fig.* 1, Pl. 6, et *fig.* 6 à 9, Pl. 8.)

La digue du bassin central est construite en terre avec talus en pente douce inclinés au 1/10 et plantés; ces talus résisteront ainsi facilement aux vagues qui peuvent se produire pendant les périodes de fonctionnement du bassin. Une route règne sur le sommet de la digue. Au pied du

talus extérieur est ménagé un fossé d'assèchement qui descend avec des pentes de $0^m,156$ et $0^m,208$ par kilomètre au collecteur principal.

Dans le fond du bassin central, le collecteur principal se prolonge au delà du barrage K avec une pente de $0^m,10$ par kilomètre sur 3.900 mètres; il a une largeur au plafond de 20 mètres avec une profondeur d'eau normale de 2 mètres. (Voy. *fig.* 10, Pl. 8.)

Collecteurs secondaires. — Les collecteurs secondaires ont pour objet de conduire les eaux des torrents. rivières et sources des versants voisins en temps normal au collecteur principal, en temps exceptionnel au bassin central de retenue. Leur réseau est indiqué au plan général *fig.* 1, Pl. 6, et leurs détails aux *fig.* 6 à 12, Pl. 8. Le cours d'eau le plus important est le Giovenco. Sa branche principale trouve en H deux collecteurs, HG, HMN, dont le premier, destiné au service courant, rencontre en G un collecteur symétrique FG. Ces deux collecteurs peuvent débiter chacun 25 mètres cubes; de G en N ils sont réunis en un seul canal, d'un débit possible de 75 mètres cubes, dont 50 mètres cubes pour les deux collecteurs et 15 mètres cubes pour le canal GG′ qui amène les eaux du torrent della Foce. En N le tronc commun reçoit la branche auxiliaire HMN, venant du Giovenco, et devient capable de porter 100 mètres cubes à la seconde. Le groupe méridional des collecteurs comprend un premier canal alimenté en J par une branche secondaire du Giovenco, et s'étend jusqu'en L avec une portée de 27 mètres cubes; de R en L est établi un collecteur symétrique, captant les eaux du massif du Salviano, et pouvant porter 13 mètres cubes. Enfin le tronc commun LQ peut débiter 40 mètres cubes et après avoir franchi le canal de ceinture (voy. *fig.* 12, Pl. 8), vient rejoindre en K le tronc commun du réseau Nord; à l'aide d'un double barrage K, les eaux de ces deux canaux peuvent être

déversées, soit dans le collecteur principal, soit dans le bassin central. Les dispositions d'ailleurs très-simples du barrage K sont indiquées *fig.* 6 et 11, Pl. 8. Comme les autres barrages, assurant les manœuvres des collecteurs, il se compose de piles en maçonnerie, avec barrages à poutrelles.

Tout en servant à diriger convenablement les eaux des rivières et torrents, le réseau des collecteurs pourra servir à l'irrigation des terrains desséchés. Il se produira au lac Fucino la transformation agricole si remarquable que Venturi et ses successeurs ont accomplie dans la plaine Toscane de la Chiana, qui, de vastes marais, est devenue, par la combinaison des canaux d'asséchement et d'irrigation, un riche pays de culture. Il est même possible d'obtenir une force motrice à l'aide des eaux des collecteurs. Dans le réseau Sud notamment, le collecteur RL est établi sans pente au plafond; grâce à un canal tracé de R en S et *g*, les eaux du Giovenco peuvent suivre la route indiquée par les lettres JLRS*g* sur le plan et venir déboucher directement en *g* dans le collecteur central avec une chute de 5 mètres. Un résultat analogue serait obtenu pour le réseau Nord en établissant un canal spécial, partant du point G et venant également aboutir en *g*; la pente qu'il a fallu donner à la branche FG pour écouler les eaux du San Pelino ne permet pas d'utiliser cette branche en renversant le courant.

Rectifications des torrents. — En amont de leur débouché dans les collecteurs, les divers torrents ont été l'objet de rectifications importantes. Afin d'éviter les effets désastreux des ravinements en cas d'orage et d'averses, la pente du lit a été répartie en une série de *brides* maçonnées formant déversoirs et une série de plans à pente douce. Nous donnons *fig.* 1, Pl. 8, la rectification du Giovenco sur 869 mètres de longueur, avec 5 brides d'une hauteur variant de 1 à 2 mètres, et 5 plans inclinés. Les rives des torrents ont généralement été garnies, dans leurs cours inférieurs, de

clayonnages qui s'opposent au ravinement des berges et par suite à l'ensablement des collecteurs.

Routes. — Le lac desséché exigeait impérieusement pour sa transformation agricole la création d'un sytème de voies de communication. Des routes ont été établies entre les fossés d'asséchement et à égale distance de deux fossés consécutifs, soit à 500 mètres de ces fossés. Les routes forment ainsi un réseau dont les lignes sont distantes de 1 kilomètre les unes des autres. (Voy. *fig.* 1, Pl. 6.) Ce réseau est complété par les routes de ceinture qui suivent d'une part le périmètre extérieur du bassin lacustre et de l'autre la digue du bassin central de retenue. Des plantations accompagneront partout les chaussées.

Constructions. — Enfin des constructions doivent être réparties régulièrement sur la vaste superficie gagnée sur les eaux. Des maisons de colons, accompagnées d'un domaine de 25 hectares se construisent à 500 mètres les unes des autres. (Voy. *fig.* 1, Pl. 6.) Deux églises et des écoles doivent compléter l'installation.

Résumé des travaux exécutés dans le lac desséché. — En résumé le lac desséché comprend 15.775 hectares, dont 14.175 formant la propriété du prince Torlonia, et 1.600 hectares abandonnés aux riverains et aux communes. Sur cet espace, ont été établis 100.081 mètres de canaux, 648.800 mètres de fossés, 210.409 mètres de routes, soit par hectare 7^{m},06 de canaux, 45^{m},77 de fossés, 14^{m},84 de routes.

Exécution des travaux. — Les travaux exécutés dans le périmètre lacustre n'ont généralement présenté d'intéressant que leur multiplicité et leur développement. 4.000 à 5.000 ouvriers étaient constamment présents sur les chantiers pendant les dernières années, consacrées à ces ouvrages secondaires. Nous signalerons seulement le creusement du collecteur central, exécuté en majeure partie

sous l'eau pendant l'achèvement de l'émissaire et de sa tête. Une forte drague à vapeur a enlevé ainsi 2.256.000 mètres cubes de déblais. Cette drague avait été étudiée avec le plus grand soin par M. l'ingénieur Brisse, et a fonctionné avec une régularité et une précision très-satisfaisantes.

---

§ 5. — RÉSULTATS ET DÉPENSES.

Dépenses. — Nous espérons avoir signalé les points essentiels de l'œuvre du prince Torlonia. Pour arriver au succès final et créer un système à l'abri des injures du temps, il fallait s'attendre à des dépenses considérables. Elles atteignaient en 1876 plus de 43 millions de fr., savoir :

Travaux proprements dits de desséchement. . . .	24.103.994 fr.
Travaux accessoires (fossés, routes, maisons, plantations, frais de barrage et de justice, etc.). . .	14.442.603 —
Frais généraux et divers.	4.590.612 —
Total. . . .	43.137.209 —

Ces chiffres font ressortir la dépense à 3.043 francs par hectare. C'est certainement, au point de vue purement foncier, un taux élevé (*).

Résultats. — Mais il convient de ne pas oublier que le desséchement du lac Fucino était avant tout une œuvre d'utilité publique; il fallait éviter aux populations riveraines les désastreuses inondations périodiques qui désolaient la contrée; et du même coup on créait une vaste surface cultivable dans un pays abrupte et stérile. Ce double résultat, plutôt humanitaire que financier, a été incontestablement atteint avec plein succès. L'émissaire, avec

(*) La dépense totale de l'entreprise, une fois les derniers travaux d'aménagement terminés, atteindra, en nombres ronds, 50 millions.

son bassin de retenue, assure à perpétuité l'assèchement du lac. La surface desséchée est une excellente terre arable, formée de parcelles calcaires et argileuses, enlevées aux flancs des montagnes voisines, et de nombreux débris organiques, provenant de fascines qu'employaient autrefois abondamment les pêcheurs du lac pour former des sortes de piéges à poissons. Si l'amodiation ou la vente d'un domaine de plus de 14.000 hectares, dans un pays qui n'avait pas de route carrossable en 1854, est une œuvre de longue haleine, s'il faut attendre plusieurs années pour arriver à une transformation agricole complète, l'heureuse influence du desséchement se fait sentir dès aujourd'hui. Les terres riveraines du lac ont quadruplé de valeur, montant de 425 francs l'hectare à 1.700 francs. Un mouvement ascensionnel du même genre se produit même sur les terres plus éloignées, qui profitent de l'amélioration générale de la contrée. L'arrondissement d'Avezzano a gagné en bonne terre par le desséchement un dixième environ de sa superficie totale qui est de 170.751 hectares.

De pareils résultats d'un intérêt général évident ne peuvent que frapper davantage lorsqu'on réfléchit qu'ils ont été obtenus aux risques et périls d'un simple particulier, et non d'un État ou d'une administration publique. Le gouvernement napolitain le premier, et depuis 1860 le gouvernement italien, ont successivement compris qu'ils devaient soutenir et encourager de pareils efforts. Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, dès 1859, le gouvernement napolitain renonçait, moyennant le versement d'une somme de 35.000 francs, à des clauses vraiment léonines du cahier des charges de la concession, telles que l'obligation de rectifier tout le cours du Liri et de terminer tous les travaux en huit années. Ce dernier délai fut doublé. Aussitôt après les événements de 1860, le nouveau gouvernement manifesta les dispositions les plus bienveillantes pour l'entreprise; en particulier, M. de Cavour comprit tout l'avantage

et tout l'honneur que la Nouvelle-Italie pouvait retirer de l'exécution de l'émissaire. Le 18 mai 1862, un décret royal prescrivait le bornage du lac, ce qui allait permettre d'échapper par un règlement officiel aux difficultés sans cesse renaissantes que soulevaient les riverains, portés naturellement à bénéficier, sans bourse délier, des travaux. Plus tard, en 1869, le gouvernement consentit à supprimer ce qui restait de clauses comminatoires de confiscation, déchéance, etc. Moyennant le dépôt d'un cautionnement de 142.000 francs il autorisa l'aliénation partielle des terrains avant la fin de l'opération et prorogea au 31 décembre 1878 la limite d'achèvement définitif des travaux. Enfin, après la mise en service définitive de l'émissaire et l'achèvement complet du desséchement, une médaille d'or spéciale fut décernée par le roi d'Italie au prince Torlonia, qui avait reçu aux expositions universelles de Paris (1867) et de Vienne (1873) des diplômes d'honneur.

Nous serions heureux si nos camarades avaient trouvé quelque intérêt aux détails que nous avons donnés, d'après l'excellent compte rendu de MM. Brisse et de Rotrou, sur une œuvre qui a excité chez nos voisins une si grande et si légitime sympathie.

Paris, le 23 juillet 1877.

N° 15

BULLETIN

DES EXPLOSIONS D'APPAREILS A VAPEUR

ARRIVÉES PENDANT L'ANNÉE 1873.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
23 janvier.	Forge de grosses œuvres. Lyon (Rhône).	Chaudière cylindrique horizontale. Capacité : 3m,283. Timbre : 4k,5. Chauffée par les flammes perdues d'un four et communiquant avec une ancienne chaudière, chauffée à la houille.	La chaudière vivement chauffée dépensait rapidement l'eau qu'elle contenait, et qui n'a pas été remplacée en temps utile; les parois ont rougi et la chaudière s'est ouverte, suivant une ligne de rivets parallèle à l'axe.	Chauffeur assez grièvement brûlé. Quelques contusions.	Défaut d'alimentation.
2 février.	Fabrique de sucre à Muille-Villette (Somme).	Chaudière horizontale à deux bouilleurs. Capacité : 17m,125. Surface de chauffe : 65m.q. Construite en 1855, non réparée ni éprouvée depuis. La grille était placée sous les bouilleurs, et la première flamme chauffait à la fois les bouilleurs et la partie inférieure du corps principal.	La seconde virole du corps principal s'est ouverte, suivant sa génératrice inférieure, sur une longueur de 0m,70.	Le chauffeur et un ouvrier morts de leurs brûlures. Dégâts matériels insignifiants.	Après un très-long service, une fissure s'est formée au coup de feu, où le métal était altéré. Elle a fini par s'ouvrir sous la pression ordinaire de marche. Si les parois de la chaudière avaient été visitées, le défaut aurait été reconnu et l'accident évité.
10 mars.	Scierie à Torcy, commune de Sedan (Ardennes).	Réservoir d'alimentation en fonte, communiquant avec la chaudière. Timbre de la chaudière : 7 k.	Une partie du réservoir s'est détachée et a été lancée contre le mur de l'atelier. Boursouflures dans la fonte, qui ne présentait en certains endroits qu'une épaisseur de 2 millim. Au moment de l'accident, la [illegible]	Dégâts matériels.	Mauvaise construction du réservoir. La prudence exigeait que cette pièce, en communication avec la chaudière, fût éprouvée pour la même pression.

		Le cylindre porte une large ouverture rectangulaire, surmontée d'un cadre en fer avec porte à charnière d'un côté et à boulons de serrage de l'autre : ces boulons n'étaient pas tous serrés.	qui se remplit ; deux autres écrous cédèrent, la porte se courba, glissa sous les écrous restants et s'ouvrit, en projetant l'eau, la vapeur et les chiffons.	tes de leurs brûlures, un cinquième grièvement blessé.	suffisant ; d'autre part, en agissant avec trop de violence sur un des rares boulons qui travaillaient, le surveillant de l'atelier a fini par mettre la porte de la lessiveuse hors d'état de résister à la pression qui tendait à la déformer et à l'ouvrir.
17 mars.	Papeterie de Sainte-Geneviève, commune d'Uzerche (Corrèze).	Chaudière cylindrique horizontale, un bouilleur placé en dessous. Chaudière. { Diamètre intérieur . . . $0^m,70$ / Longueur . . $4^m,85$ Dans la région qui avoisine les joints de la communication antérieure du bouilleur avec le corps principal, l'épaisseur de la tôle était réduite par places jusqu'à 2 millim., et, de plus, dans les parties les plus minces, cette épaisseur était divisée en lames distinctes, séparées par une couche d'oxyde déjà ancienne.	Le bouilleur s'est déchiré à l'avant, sur une longueur de $1^m,50$, et plusieurs morceaux ont été projetés au loin ; le reste de l'appareil a été lancé à 10 mètres en arrière. L'explosion a eu lieu au repos.	Massif du fourneau et hangar démolis. Trois ouvriers atteints, dont un a eu le bras fracturé.	On suppose que des suintements existaient depuis longtemps aux clouures de la communication du corps principal et du bouilleur, et qu'ils ont lentement et peu à peu détérioré la tôle au-dessous de cette clouure, au point de ne plus lui permettre de résister à la pression habituelle de marche.
25 mars.	Bateau à vapeur. Porteur nº 22. Canal des Ardennes, écluse nº 7, près de Montgon. Transport des marchandises de Paris à Charleville (Ardennes).	Chaudière horizontale avec foyer intérieur à lames d'eau verticales, du modèle dit à galeries. Pression normale de marche : 1/2 k. effectif. Toutes les faces étaient planes, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, sauf le foyer proprement dit, dont la partie supérieure était demi-cylindrique, et les deux faces latérales de l'enveloppe, qui présentaient	L'enveloppe extérieure s'est ouverte sur trois de ses faces : le fond, la face latérale de gauche et celle d'arrière. Le fond s'est ouvert de 30°, la chaudière entière ayant été soulevée d'un pareil angle autour de son arête longitudinale inférieure de droite ; la face latérale de gauche a pivoté de 90° autour de son arête supérieure, et la face d'ar-	Mécanicien renversé et blessé sans gravité. Le bateau échoué dans l'écluse nº 7, avec sa coque défoncée.	État d'usure de quelques parties de la chaudière et mauvaise conduite du feu.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
		une légère courbure dans le haut. Des entretoises ou des tirants étaient disposés pour assurer la rigidité des parties planes. La chaudière fonctionnait depuis 25 ans; mais ses fonds avaient été refaits en 1872. Le mécanicien faisait pour la première fois le voyage sur la section, qui présente des conditions spéciales de navigation.	rière a tourné autour de son arête verticale de droite. L'explosion a eu lieu pendant l'arrêt.		
6 avril.	Bateau à vapeur le Marseillais n° 1, quai de la Joliette, à Marseille (Bouches-du-Rhône).	Chaudière horizontale à retour de flamme. Deux foyers intérieurs latéraux. Les courbes de section des conduites sont très-compliquées et nécessitent de nombreuses liaisons. Pression de marche : $1^k,5$.	Au départ, la chaudière s'entr'ouvrit dans une des conduites servant de passage aux gaz du foyer. Une bande de tôle de $2^m,20$ de longueur s'est déchirée en plein métal et s'est redressée autour de son attache extrême. L'une des déchirures longitudinales a suivi les trous d'une ligne d'entretoises.	Le chauffeur tué. Le mécanicien, lancé à la mer et blessé, s'est rétabli.	Amincissement et défaut de soudure d'une tôle à la jonction d'une partie bien entretoisée et d'une autre qui ne l'était peut-être pas suffisamment.
19 mai.	Scierie à Castets (Landes).	Chaudière cylindrique horizontale de 3 mètres de longueur et de $0^m,90$ de diamètre, traversée par 18 tubes. Timbre : 5 atmosphères.	Explosion formidable ; la chaudière a été séparée en plusieurs pièces, lancées à de grandes distances.	Trois hommes tués, un grièvement blessé, un contusionné. La construction en planches recouvrant la scierie a été lancée au loin, ainsi que les bri- [illegible]	Insuffisance d'alimentation. Tube de niveau d'eau absent. Soupapes calées. Imprudences graves, cruellement expiées par la mort de ceux qui les avaient commises.

		[illegible] La vapeur était amenée dans les sécheurs par une conduite générale ne portant ni soupape, ni récipient de détente. La partie cylindrique du sécheur était en cuivre, les fonds plats en fonte et reliés à la partie cylindrique par l'intermédiaire d'une couronne en cuivre en forme de cornière. Cette couronne était fixée aux fonds à l'aide de boulons, et au cylindre par une soudure à l'étain. Diamètre : 0m,435. Longueur : 1 mètre. Les tuyaux avaient leurs orifices dans l'axe du cylindre, de sorte que celui-ci était presqu'à moitie plein d'eau de condensation.	[illegible] tance de 17 mètres. Le matin de l'accident, il s'était produit une fuite à la soudure, près du fond qui a été projeté. Elle avait augmenté dans la journée et avait motivé des observations de la part d'un des ouvriers.	[illegible] été aggravées par la présence d'eau de condensation dans le cylindre.	[illegible] les fonds) et imprudence du contre-maître (appareil laissé en fonctionnement malgré des fuites abondantes).
23 juin.	Établissement de force motrice, avenue de la Roquette, à Paris.	Chaudière cylindrique horizontale à deux bouilleurs. Capacité : 25m.c. Timbre : 5 k. Tube de niveau accidentellement hors de service sifflet d'alarme paralysé. Dans la région où a commencé la déchirure, la tôle avait été brûlée et corrodée.	Le corps supérieur s'est entr'ouvert suivant la génératrice inférieure sur une longueur de 1m,50, puis la tôle s'est déchirée perpendiculairement à cette direction, sur les 2/3 de la circonférence. La rupture a eu lieu à la 2e virole à partir de la calotte d'avant. Très-faible détonation. Absence complète de traces de projection d'eau.	Chauffeur mort des suites de ses blessures. Deux ouvriers blessés. Dégâts matériels très-peu importants bien que les constructions fussent extrêmement légères.	Manque d'eau et peut-être alimentation intempestive.
23 juin.	Clouterie mécanique à	Chaudière horizontale com-	Le bouilleur inférieur a	Dégâts matériels à la	Disposition défectueuse du

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
23 juin.	Laforge, commune de Mohon (Ardennes).	posée d'un corps cylindrique et de deux bouilleurs latéraux superposés.	éclaté en s'ouvrant suivant la génératrice supérieure de sa virole d'avant.	maçonnerie du fourneau.	générateur, principalement de la communication établie entre les deux tubes réchauffeurs.
		(Voir une note sur cet accident dans le 2e volume de 1874, p. 355.)			
27 juin.	Usine à fer de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).	Chaudière horizontale (avec un bouilleur) faisant partie d'un groupe de 7 générateurs. Timbre 5 k. Chauffage par les gaz des hauts-fourneaux, qui circulaient d'abord sous le corps cylindrique et descendaient ensuite sous le bouilleur, pour se rendre de là à la cheminée. Longueur : 17 mètres. Diamètre : $1^m,60$. Dôme { Hauteur.. $1^m,00$; Diamètre. $0^m,90$ }. Chaudière nettoyée deux mois avant l'accident.	La première virole du corps a été arrachée tout entière du reste de la chaudière et divisée longitudinalement en deux parties. Le plus grand fragment a été projeté sur la grille placée au-dessous de lui. Le fond antérieur, auquel adhéraient quelques lambeaux de la virole, a été lancé en avant. La chaudière a subi un mouvement de recul de $4^m,50$ environ, le bouilleur faisant son trou dans le sol en contre-bas duquel il se trouvait. Communications avec la chaudière arrachées ou déchirées.	Quatre ouvriers contusionnés, l'un d'eux légèrement brûlé. Massif des chaudières entièrement démoli.	Ensemble de circonstances qui ont permis à la tôle du coup de feu d'acquérir une température élevée et l'auront mise hors d'état, en raison de sa faible épaisseur relative et de sa qualité déjà altérée, de résister à un léger excès de pression, occasionné par un afflux accidentellement plus considérable des gaz du haut-fourneau.
3 juillet.	Atelier de construction de métiers mécaniques, à Saint-Pierre-lès-Calais (Pas-de-Calais).	Chaudière en tôle de fer, verticale, cylindrique, à foyer intérieur cylindrique. Le foyer était divisé en deux compartiments par un mur vertical en briques qui s'arrêtait à $0^m,45$ au-dessous du ciel. Les flammes et les gaz, au sortir de celui des deux compartiments où	L'explosion a eu lieu au repos 10 à 12 minutes après l'arrêt de la machine, alors que le chauffeur venait de se mettre à manœuvrer la pompe alimentaire pour la nettoyer. Le ciel du foyer s'est détaché ; la plaque qui le fermait a été retrouvée concave, déchirée sur tout son pour-	Chauffeur mort des suites de ses blessures. En dehors du bris de la chaudière et de la machine les dégâts matériels sont peu importants.	Imprudence du chauffeur qui, après avoir omis d'alimenter, a involontairement, en nettoyant la pompe, introduit de l'eau sur une surface exposée à une haute température. Cependant on doit observer qu'il n'est pas besoin, pour expliquer l'accident, de [illegible]

		... ciel du foyer composé d'une plaque de tôle à peu près plane à bords rabattus, d'une épaisseur de $11^{mm},6$, sans aucune consolidation. Surface de chauffe : $4^{m2},59$. Capacité totale : $1^{m.c.}$. Eau contenue : 450 litres. Timbre : 5 k. La chaudière fournissait la vapeur à une machine de 4 ½ à 5 chevaux de force nominale. La chaudière avait été achetée d'occasion, sans avoir été rééprouvée.	... soit concentriques, soit rayonnantes. Le corps de la chaudière soulevé est retombé à peu de distance. Le ciel du foyer a été retrouvé portant les traces d'un suréchauffement et d'ailleurs d'un métal rendu aigre et cassant par des inattentions antérieures.		... pour fonctionner sans danger. Les industriels font une mauvaise opération quand, pour économiser un peu sur l'achat de la chaudière en la prenant surtout d'un si petit volume, ils s'exposent à des accidents, soit par le moindre dérangement de la pompe alimentaire, soit par la plus petite négligence du chauffeur.
3 juillet.	Distillerie à Arches (Vosges).	Chaudière horizontale cylindrique, à foyer intérieur cylindrique. En 1869, le foyer avait été brûlé au-dessus de l'autel et l'on y avait rapporté une pièce de $0^{m},28$ de largeur sur 1 mètre de développement et d'une épaisseur de 8 millimèt., tandis que la tôle dans tout le reste du foyer avait 13 millimètres.	La chaudière s'est déchirée et entr'ouverte au foyer. L'accident semble avoir pris naissance sur la pièce rapportée, qui s'est aplatie et déchirée à sa partie supérieure ; la déchirure s'est prolongée transversalement, suivant la rivure de jonction avec les feuilles voisines. L'aplatissement s'est continué sur la partie supérieure du foyer, en avant jusqu'à l'orifice sur une longueur de $2^{m},15$; à l'arrière sur une longueur de $1^{m},10$.	Aucune conséquence.	Insuffisance de l'alimentation et double faute commise dans la réparation faite en 1869. La tôle employée était trop mince et l'on n'avait pas pris la précaution d'éloigner les joints de la partie du foyer où les flammes étaient le plus intenses.
13 juillet.	Tuilerie de Frémonville (Meurthe-et-Moselle).	Chaudière en tôle formée d'un corps cylindrique : $4^{m},50$ de longueur, $0^{m},80$ de diamètre, et deux bouilleurs de $4^{m},50$ sur $0^{m},40$; communiquant à une deuxième chaudière.	Le chauffeur s'est aperçu trop tard que l'eau manquait ; en ce moment la pompe était dérangée ; au rétablissement de l'alimentation, la chaudière s'est ouverte. Un des bouilleurs s'est déchiré sur $0^{m},80$ de longueur au-dessus du foyer.	Dégagement de vapeur, sans dégâts ni blessures.	Défaut d'alimentation ; arrivée de l'eau sur des parois surchauffées. Les bouilleurs avaient déjà des coups de feu.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
19 juillet.	Forges de Saint-Bernard, près Clairvaux (Aube).	Chaudière cylindrique verticale chauffée par les flammes perdues de quatre fours à puddler. Hauteur : $14^m,50$. Capacité : environ $20^{m.c.}$, dont 16 occupés par l'eau. Diamètre : $1^m,30$. Timbre : 6 atmosphères. En 1865, après une réparation faite aux viroles inférieures et une réépreuve, le timbre a été élevé de 1 k. En 1871, les viroles ainsi réparées furent remplacées par une seule, de hauteur double, dont les feuilles avaient été cintrées perpendiculairement au laminage. Virole inférieure garantie par une enveloppe en briques de hauteur insuffisante. Amincissement des tôles par places.	La chaudière s'est divisée à la naissance de la 3e virole à partir du bas. La partie supérieure, d'une longueur de $11^m,20$ et d'un poids de 5.000 kilog., a été lancée à une grande hauteur et est retombée à une distance de 70 mètres s'enfonçant de 2 mètres dans le sol. La partie inférieure, de $3^m,30$ de longueur, composée de 2 viroles, a été projetée en sens inverse à une dizaine de mètres environ. Elle s'était ouverte suivant une génératrice, et presque complètement développée. Les feuilles de la virole inférieure présentaient toutes des ruptures longitudinales en pleine tôle ; une de ces feuilles, complètement détachée des autres, avait été lancée dans une direction opposée à celle qu'avait suivie le tronçon dont elle faisait partie.	12 ouvriers tués. 9 ouvriers blessés. Dégâts matériels et projection de matériaux considérables.	Résistance insuffisante de la partie inférieure de la chaudière, due à la fois au cintrage des tôles perpendiculairement au sens du laminage, à l'action trop directe des flammes, qui a pour effet d'altérer le métal ; enfin à l'usure du métal dans des rivures recouvertes par la maçonnerie, usure résultant de suintements que leur position ne permettait pas de constater.
5 septem.	Battage de grains, ferme Saint-Michel, à Evreux (Eure).	Locomobile horizontale tubulaire (timbre : 5 k.) ; venait de subir une restauration complète, qui n'avait laissé de l'ancien appareil que l'enveloppe extérieure.	La face antérieure de l'enveloppe extérieure s'est déchirée et a été lancée à 25 mètres. La partie latérale s'est déchirée et a été projetée à 15 mètres.	Chauffeur et un ouvrier tués. Meule incendiée.	Imprudence dans la conduite de la machine et défaut de construction.
13 septem.	Bateau à vapeur, re-	Chaudière cylindrique tu-	L'explosion a eu lieu au	Le capitaine et le mé-	Inconnue.

	En mer, près de Marseille (Bouches-du-Rhône).	Timbre : 4 k. effectifs. Dernière épreuve : 15 avril 1873.	... sion sont restées inconnues.		
11 septem.	Bateau à vapeur le *Calvados*. En mer, — Côtes du Calvados.	Chaudière cylindrique verticale, munie de trois bouilleurs intérieurs. Timbrée à 4 atmosphères.	Le bateau avait accompli les 2/3 de son parcours, du Havre à Trouville, quand l'explosion eut lieu. La chaudière fut projetée hors du bateau et tomba à la mer.	Un passager écrasé par la chaudière, un autre a eu la jambe cassée; le mécanicien est mort de ses brûlures.	Inconnue (on a supposé que l'eau avait manqué dans la chaudière).
9 octobre.	Imprimerie lithographique, rue du Delta, 26, à Paris.	Chaudière verticale tubulaire à foyer intérieur. Capacité : 400 litres. Surface de chauffe : 3^{m2}. Timbre : 6 k. La partie supérieure terminée par un fond plat en tôle emboutie.	Le fond plat s'est violemment brisé et séparé du corps cylindrique inférieur, en se déchirant suivant la circonférence de l'emboutissage et suivant plusieurs lignes rayonnant du centre à la circonférence. L'enquête établirait que l'accident a eu lieu quand la pompe venait d'être mise en mouvement, 1 h. 1/4 après le commencement du fonctionnement de la machine; or la faible capacité de la chaudière ne permettait pas de laisser celle-ci marcher plus d'une heure sans qu'elle fût alimentée.	Dégâts matériels peu importants.	Imprudence du chauffeur et vice de construction de la chaudière.
10 octobre.	Locomotive n° 708, attelée au train de marchandises n° 4103. K. 259 405, près Toulouse. Chemin de fer du Midi.	A l'origine, le corps cylindrique était complétement en acier (diamètre : 1^{m},25; timbre : 8^{k},5; épaisseur : 10 millim.). Plus tard, des piqûres nombreuses sur la génératrice inférieure obligèrent à remplacer cette partie par des fonds en tôle de fer. A l'épreuve qui suivit cette réparation, la virole d'a-	La déchirure s'est produite suivant une génératrice située au droit du chanfrein intérieur du recouvrement de deux des tôles d'acier à 0^{m},20 au-dessous du niveau normal de l'eau. Cette ligne présentait sur toute sa longueur des piqûres de 1 à 6 centim. de diamètre et d'une profondeur en général inférieure à 2 millim., mais attei-	La machine et les sept premiers wagons du train ont déraillé. Les cinq agents du train (mécanicien, chauffeur et conducteurs) ont été contusionnés dans les secousses.	Usure exceptionnelle du métal de la chaudière au point où l'explosion s'est produite.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
		vant se rompit suivant la génératrice du sommet : on attribua cet accident à un affaiblissement résultant des larges ouvertures du dôme et de la cuvette du régulateur. On diminua ces ouvertures et l'on remplaça la tôle supérieure de la virole d'avant par une autre plus épaisse. Parcours : 235,000 kilom.	gnant vers le milieu de la tôle jusqu'à 9 millim.; c'est en ce point de moindre résistance, où le métal n'avait plus que 1 millim. d'épaisseur, que la déchirure a très-probablement pris naissance, pour se propager ensuite longitudinalement sur toute la longueur de la virole. La virole médiane s'est entr'ouverte et rabattue sur les deux tabliers longitudinaux de la machine, par la rupture de tous les rivets de jonction avec les viroles voisines. Le faisceau des tubes a été boursouflé.		
11 octobre.	Sucrerie de Savy-Berlette (Pas-de-Calais).	Chaudière horizontale, munie de deux bouilleurs inférieurs et d'un réchauffeur latéral, communiquant avec deux autres chaudières.	Le bouilleur de gauche s'est ouvert, suivant une génératrice, au-dessus du foyer, sur une longueur de plus de 2 mètres; l'ouverture atteignait jusqu'à $0^{m},64$ de largeur. Toute la vapeur et l'eau contenues dans la chaudière, ainsi que dans les deux autres chaudières en communication avec celle-ci, se sont précipitées par cet orifice. La chaudière, soulevée à l'avant, est retombée sur place.	Chauffeur grièvement brûlé. Deux ouvriers blessés, sans gravité. Partie antérieure du fourneau démolie.	Cause restée inconnue.
26 octobre.	Minoterie, rue Henri IV, à Nîmes (Gard).	Chaudière cylindrique horizontale à deux bouilleurs.	Le bouilleur de gauche s'est déchiré suivant une couture longitudinale, si-	La femme du chauffeur morte des suites de brûlures.	La cause principale est l'imprudence du chauffeur alimentant une chau-

		(Chaudière / Bouilleur de droite / Bouilleur de gauche) Longueur : 6m,00 / 6m,30 / 6m,65 ; Diamètre : 0,80 / 0,85 / 0,90 ; Épaisseur : 12 m/m / 9 m/m / 7 m/m. Timbre : 5 k. Dernière épreuve : 20 juillet 1872. Dans le bouilleur de gauche le tuyau alimentaire a été trouvé obstrué par une garniture en plomb mal posée, sans doute au dernier nettoyage. La tôle de ce bouilleur avait une coloration indiquant le suréchauffement.	rutée latéralement très-peu au-dessus du fond. Cette déchirure s'est continuée perpendiculairement au-dessus du foyer, suivant 2 portions de section droite, dont l'une directement à l'aplomb de l'autel. Une fuite de vapeur s'était manifestée plusieurs heures avant l'accident à la clouure qui s'est déchirée. L'explosion a eu lieu au moment où le chauffeur commençait à faire fonctionner l'appareil alimentaire, après avoir remarqué une baisse anormale de l'eau due à des fuites des bouilleurs.	Le meunier grièvement brûlé. Dégâts matériels sans importance.	dière quand différents indices devaient lui faire supposer que l'eau était descendue trop bas.
30 octobre.	Papeterie de Wizernes (Pas-de-Calais).	Chaudière cylindrique horizontale à fonds sphériques. Capacité : 12m.c. Timbre : 9 k. Elle contenait de la paille ou du bois haché et une solution saturée de soude caustique. Chauffage par un foyer ordinaire, mais, au commencement de l'opération jusqu'à la pression de 5 atmosphères, le chauffage était fait par la vapeur d'un générateur voisin. Des dépôts ont été trouvés adhérents à l'intérieur de la chaudière, quoique la cuite, pendant laquelle a eu lieu l'explosion, fût la première après le nettoyage mensuel. La tôle, après l'explosion, a montré sa tranche divisée en plusieurs feuillets nettement séparés les uns des autres.	La chaudière s'est déchirée suivant la génératrice inférieure de la virole du coup de feu (la 2e à partir de la tête); cette virole s'est détachée du reste de la chaudière, aux clouures, et a été projetée à 46 mètres. Le reste de la chaudière a été repoussé hors du fourneau et, pivotant autour de son fond arrière, s'est renversé contre une muraille qu'il a éventrée.	Un ouvrier tué sous les décombres. Un ouvrier blessé par la vapeur et la pâte projetée. Dégâts matériels importants.	Négligence de l'agent chargé du nettoyage de la chaudière.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
31 octobre.	Fabrique de bougies, avenue de Paris, à Saint-Denis (Seine).	Appareil autoclave en cuivre, servant à la saponification des suifs; il est cylindrique et terminé par deux calottes hémisphériques. Diamètre : $1^{m},17$. Hauteur totale : 5 mètres. Il datait de 1856 et avait subi de nombreuses réparations dans ses lignes de joints. Soit sur l'appareil en question, soit sur les similaires de la même usine, on a constaté, à l'intérieur, des usures assez uniformes et, à l'extérieur, des espèces de rigoles le long des recouvrements. Au point où l'on a supposé le commencement de la déchirure, l'épaisseur (primitivement de 15 millim.) ne dépasse pas 7 millim. Les appareils étaient en partie recouverts de briques et plongeaient, sur les deux tiers de leur hauteur, dans une fosse où la température est supérieure à 100°.	L'appareil contenait des matières qui y étaient soumises à l'action directe de la vapeur d'eau produite par un générateur timbré à 10 k. L'opération durait 4 heures à 4 heures 1/2. Une demi-heure avant la fin d'une opération, le corps cylindrique s'est déchiré, suivant une génératrice, sur le tiers inférieur de sa hauteur et sur le reste, à peu près suivant un tour d'hélice; enfin, sur la calotte inférieure, la déchirure s'est prolongée suivant un demi grand cercle vertical.	Un ouvrier tué; deux autres grièvement blessés. Dégâts matériels considérables.	Corrosion des tôles de cuivre, sous l'action des matières acides employées ou produites dans l'opération de la saponification. L'accident eût pu être évité par une meilleure surveillance et un plus facile accès des appareils.
9 novemb.	Fabrique de sucre à Bernes (Somme).	Chaudière composée d'un corps horizontal et de deux bouilleurs réchauffeurs, système Farcot. Capacité : $16^{m.c.}$. Surface de chauffe : $56^{m.q.}$. Il y avait 4 chaudières semblables.	La tôle du coup de feu s'est déchirée sur une longueur de $2^{m},20$. La chaudière s'est soulevée de 2 ou 3 mètres et est retombée sur son fourneau. Le tuyau de prise de vapeur a été brisé et la vapeur des autres	Toiture du bâtiment des chaudières gravement avariée.	On avait allumé du feu sous la chaudière vide, pendant qu'on la remplissait à la pompe. L'explosion s'est produite lorsque l'eau du bouilleur supérieur s'est déversée dans la [illegible]

					Bourdon.
26 novemb.	Atelier de chaussures, rue Rochechouart, 51, à Paris.	Locomobile horizontale tubulaire (système Calla) de 15 chevaux. La chaudière ayant eu un de ses tubes crevés, il fut bouché provisoirement à ses deux extrémités par des tampons en fer (25 novembre).	Le lendemain du tamponnement (26 novembre), deux heures après la mise en marche, le tampon d'avant du tube crevé fut projeté violemment, au moment où le chauffeur avait ouvert la porte du foyer, pour voir si le tampon tenait bien et charger le feu. L'eau brûlante fit irruption et renversa le chauffeur.	Chauffeur grièvement brûlé, et mort le lendemain.	L'accident, s'il a été aggravé par un concours de circonstances fortuites, a pour cause, première et unique, la mauvaise obturation du tube brisé et, par suite, un défaut de précaution de la part du contre-maître, qui n'eût pas dû laisser fonctionner l'appareil dans ces conditions.
1er décemb.	Distillerie d'essence de géranium, à Dely-Ibrahim (province d'Alger).	Chaudière en tôle de fer, horizontale. Forme d'un parallélipipède rectangle allongé avec ses arêtes arrondies. Surface de chauffe : $2^{m.q.}$. Capacité : $1^{m.c.}$. Timbre : 2 k. Epaisseur du métal : 8 millim. Aucune armature intérieure. La chaudière fournissait la chaleur nécessaire à la distillation de deux alambics. La vapeur, après avoir circulé dans les deux serpentins, retournait à la chaudière. L'appareil marchait habituellement, et notamment au moment de l'accident, à une pression de $4^{k},5$.	Trois des parois de la chaudière (la paroi d'avant, la paroi supérieure et une des parois latérales) se sont déchirées sur tout leur pourtour et ont été projetées, chacune de son côté, à une distance plus ou moins grande. Les trois autres faces restées réunies n'ont pas quitté l'emplacement du fourneau; mais elles ont comme pivoté d'un angle de 180° autour d'un axe vertical, de telle sorte que l'arrière de la chaudière est venu se mettre dans la direction de l'avant. L'explosion paraît s'être effectuée en deux périodes excessivement rapprochées : la première, qui correspond à une déchirure dans la partie inférieure de la chaudière, s'est manifestée par un violent jet de flammes, sorti de l'avant du foyer, et a dû être accompagnee	Chauffeur tué. Un ouvrier gravement blessé.	Cause principale : grand excès de pression dû à l'imprudence du chauffeur; mais la chaudière n'avait pas été construite dans des conditions de solidité suffisantes pour fonctionner à l'abri de tout danger, même à la pression correspondante au timbre.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
			d'un soulèvement vertical de la chaudière; la deuxième, qui a donné lieu à une violente détonation, a produit le déchirement complet de la chaudière, en même temps que son déplacement horizontal (une ligne de rupture suivant une rivure, les autres en pleine tôle dans les parties embouties ou cintrées).		
2 décembre.	Fabrique d'acide pyrogallique, à Scata (Corse).	Chaudière en cuivre, cylindrique, à fonds bombés. Appareil non éprouvé et qu'un tampon transformait en générateur fermé, quand on voulait faire monter le jus dans des réservoirs supérieurs.	Appareil non déclaré et inconnu de l'administration, qui n'a appris l'explosion que par la voix publique et alors que les traces en avaient disparu.	Un homme tué. Un autre blessé.	Inconnue.
4 décembre.	Sucrerie à Sainte-Menehould (Marne).	Récipient de vapeur d'un filtre pour la décoloration des jus. Ce filtre est cylindrique en tôle avec fonds en fonte. Hauteur : 3m,25. Diamètre : 1 mètre. Epaisseur de la tôle : 5 millim. Tôle aigre et de qualité inférieure. La vapeur est produite par une chaudière timbrée à 6 k. L'appareil ne portait pas de soupapes chargées à une pression inférieure au timbre de la chaudière d'alimentation.	L'appareil s'est déchiré en pleine marche, suivant la ligne des rivets d'attache de la tôle avec le fond inférieur; la partie cylindrique a été projetée à travers la toiture.	Cinq ouvriers blessés peu gravement par la chute des débris de la toiture.	Mauvaises conditions dans lesquelles fonctionnait l'appareil (pression pouvant atteindre celle de la chaudière génératrice; épaisseur de 5 millim. seulement, tôle aigre et de qualité inférieure).

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

	NOMBRES.	TUÉS.	BLESSÉS.
1° Par nature d'établissements.			
Usines à fer	3	12	14
Sucre (fabriques de)	4	2	8
Scieries	2	3	1
Papeteries	3	5	5
Bateaux à vapeur	4	5	3
Teinturerie	1	1	5
Force motrice	1	1	2
Clouterie	1	»	»
Atelier de construction	1	1	»
Distilleries	2	1	1
Imprimerie	1	»	»
Chemin de fer	1	»	5
Battage de grains	1	2	»
Minoterie	1	1	1
Bougies (fabrique de)	1	1	2
Acide pyrogallique (fabrique d')	1	1	1
Chaussures (fabrique de)	1	1	»
Tuilerie	1	»	»
Totaux	30	37	48
2° Par espèce de chaudières.			
CHAUDIÈRES sans foyer intérieur: horizontales avec ou sans bouilleurs	10	6	16
tubulaire	1	3	1
système Belleville	1	»	»
vertic. chauffée par flammes perdues	1	12	9
parallélipipède	1	1	1
CHAUDIÈRES avec foyer intérieur: horizontale	1	»	»
de bateaux (horizontales)	4	5	3
de locomotive —	1	»	5
de locomobile —	2	3	»
verticales	2	1	»
RÉCIPIENTS	4	6	13
Totaux	30	37	48
3° D'après les causes.			
CHAUDIÈRES: *Conditions défectueuses de construction :*			
Mauvaises dispositions	2	1	»
Conditions défectueuses d'entretien :			
Usure	2	3	1
Corrosion extérieure	4	12	16
Corrosion intérieure	1	»	5
Mauvais emploi des appareils :			
Excès de pression	1	1	1
Manque d'eau	9	5	6
Imprudence ou négligence du chauffeur	2	3	»
Mauvais nettoyage	1	1	1
Causes restées inconnues	4	5	5
RÉCIPIENTS	4	6	13
Totaux	30	37	48

CHRONIQUE.

Mars 1878.

N° 16

NOTE
SUR
L'EXÉCUTION DES CHAPES
EMPLOYÉES
POUR LES OUVRAGES D'ART DE LA LIGNE DE RODEZ A MILLAU

Par M. BARRAND, ingénieur des ponts et chaussées.

Les divers procédés, adoptés généralement pour recouvrir les voûtes des ouvrages d'art et les rendre imperméables, ont tous été plus ou moins critiqués : les enduits en ciment ont l'inconvénient de se fissurer très-facilement en créant des filtrations, les chapes en asphalte, qui sont parfaitement étanches, ont le désavantage d'être d'un prix trop élevé.

M. Robaglia, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a fait exécuter, pour les voûtes des ouvrages d'art de la ligne de Rodez à Millau, des chapes en mortier coaltarées qui ont donné les meilleurs résultats (*). Nous avons, pour notre part, employé le même

(*) L'emploi du coaltar pour les chapes de ponts a été fait en France, à partir de 1844, pour un grand nombre d'ouvrages d'art, entre autres pour les ponts de chemins de fer de Tours à Bordeaux. Ce procédé avait été indiqué à M. Morandière par M. l'ingénieur en chef Beaudemoulin.

(*Note du secrétariat.*)

procédé, avec le plus grand succès pour recouvrir les voûtes du réservoir de la ville de Millau qui occupent une superficie totale de 395 mètres carrés et qui sont actuellement d'une étanchéité parfaite.

Il nous a paru utile de publier la description de ce procédé :

Dans le mortier employé pour confectionner la chape, le dosage de la chaux est un peu plus fort que dans le mortier ordinaire, le sable est tamisé, et l'eau, employée pour la trituration, est réduite d'un tiers environ.

Avec la chaux du Theil, par exemple, 1 mètre cube de ce mortier sera formé de :

Chaux du Theil en poudre.	340k,00
Sable tamisé.	0 ,945
Eau.	70 à 75 litres.

Ainsi composé, ce mortier presque pulvérulent est apporté sur la voûte encore humide qui a été préalablement nettoyée à vif avec une brosse de fil de fer et lavée à grande eau. On l'étend sous une épaisseur de 0m,065 et on le bat fortement avec une savate jusqu'à ce que le mortier ait assez de consistance pour résister à la pression du doigt; la couche est alors réduite à une épaisseur de 0m,05. Le maçon unit ensuite la surface avec la truelle en repassant fortement sur elle le plat de son instrument. Immédiatement après cette opération, la chape est recouverte provisoirement d'une couche de sable de 0m,10 à 0m,15 d'épaisseur maintenue constamment humide afin de ralentir le plus possible la prise complète du mortier.

Ainsi constituée, la chape ne se fendillera plus sous l'action des agents atmosphériques, elle aura même assez de corps pour se prêter, par son élasticité, aux petites dilatations de la voûte. L'étanchéité complète n'est cependant pas encore atteinte, car le battage et le lissage n'ont pas fait disparaître totalement les pores qui sillonnent le mortier. Pour boucher ces tubes capillaires, M. l'ingénieur en chef Robaglia fait étendre, après l'enlèvement du sable, sur la chape bien lavée, trois couches successives de coaltar ou goudron de houille. Ce liquide pénètre la chape d'environ 0m,003 et forme une croûte imperméable qui s'ajoute à l'épaisseur de la peinture elle-même qui est à peu près de 0m,002, pour former une sorte de toiture protégeant le reste du mortier.

Il est presque surabondant d'ajouter que la chape, ainsi terminée, doit être recouverte avec des remblais exempts de pierres afin de ne pas être endommagée; si l'on n'en avait pas à sa disposition, il

rait nécessaire de reformer la couche protectrice de sable de 0^{m},10 à 0^{m},15 d'épaisseur.

Il ne nous reste plus qu'à donner le prix de revient du mètre carré de cette chape, à Millau, main-d'œuvre et fournitures comprises.

Les éléments de ce prix, qui figurent dans le tableau ci-dessous, résultent d'attachements nombreux pris pendant la construction de la ligne de Rodez à Millau.

		francs.
2^{k},10 de chaux du Theil à 43^{f},00 la tonne		0,9503
0^{mc},0614 de sable tamisé à 3^{f},10 le mètre cube		0,1903
Main-d'œuvre et fourniture de l'eau pour fabrication du mortier à raison de 2^{f},50 par mètre cube		0,1625
Nettoyage et lavage de la maçonnerie		0,0660
Bardage du mortier et façon de la chape	0^{h},35 de manœuvre à 0^{f},33 l'heure	0,1150
	0^{h},55 de maçon à 0^{f},50 l'heure	0,2750
Location de 0^{mc},15 de sable ordinaire à 2^{f},00 le mètre cube		0,3000
Pose d'une couche de sable de 0^{m},15 d'épaisseur : 0^{h},20 de manœuvre à 0^{f},33		0,0660
Arrosage de la couche de sable : 0^{h},30 de manœuvre à 0^{f},33		0,0990
Enlèvement de la couche de sable et lavage de la chape : 0^{h},25 de manœuvre à 0^{f},33		0,0825
Fourniture de 1 kilog. de coaltar de 0^{f},10		0,1000
Pose de 3 couches de coaltar : 0^{h},15 de manœuvre à 0^{f},33		0,0495
Prix de revient du mètre carré de chape		2,4600

N° 17

Statistique des chemins de fer du globe. — Les chemins de fer construits sur tout le globe, au 1[er] janvier 1876, se répartissaient comme il suit, d'après l'*Annuaire des chemins de fer* de A. Chaix :

Europe. — Angleterre, 27.956 kilomètres; Autriche-Hongrie, 17.368; Belgique, 3.497; Danemark, 1.260; Espagne, 5.796; France, 21.596; Grande-Bretagne, 26.870; Grèce, 12; Italie, 7.688; Pays-Bas et Luxembourg, 1.894; Portugal, 954; Roumanie, 1.233; Russie, 19.550; Suède et Norwége, 4.466; Suisse, 2.080; Turquie, 1.536. — Total 143.758.

Asie. — Caucase, 1.004; Ceylan, 132; Indes anglaises, 10.443; Japon, 61; Java, 61; Turquie, 401. — Total 2.339.

Afrique.— Algérie, 537; cap de Bonne-Espérance, 105; Égypte, 1.528; Maurice, 106; Natal, 3; Tunisie, 60. — Total 2.339.

Amérique du Nord.—Canada, 6.609; Costa-Rica, 47; Cuba, 640; États-Unis, 119.824; Honduras, 196; Jamaïque, 43; Mexique, 607. —Total 127.866.

Amérique du Sud. — Bolivie, 96; Brésil, 1.338; Chili, 991; Colombie, 106; Confédération argentine, 1.584; Pérou, 1.549; Paraguay, 72; Uruguay, 305; Venezuela, 13. — Total 6.054.

Océanie.—Colonie de l'Ouest, 65; colonie du Sud, 316; Victoria, 906; Nouvelle-Galle, 652; Queensland, 424; Tasmanie, 72; Nouvelle-Zélande, 384. — Total 2.820.

Total général 295.139 kilomètres.

Prix comparés des locomotives en Europe et en Amérique. — Le journal anglais *Engineering* a donné dans une suite d'articles parus en 1877, sur le « Pennsylvania Railroad », les éléments très détaillés du prix des locomotives des divers types employés par cette compagnie de chemins de fer. Nous extrayons de ce travail quelques renseignements qui paraissent intéressants sur les prix comparés des locomotives en Europe et en Amérique. Les prix donnés ci-après sont ceux qui se rapportent à *une tonne* de machine terminée.

COMPAGNIES de chemins de fer.	MAIN-D'ŒUVRE.	MATIÈRES premières.	FRAIS généraux.	TOTAL.
Paris-Orléans.	francs.	francs.	francs.	francs.
Machines à six roues couplées pesant 34 tonnes.	402,00	1.052,95	244,90	1.699,85
Great Eastern Railway (Angleterre).				
Machine express à voyageurs pesant 31 tonnes.	285,10	728,50	177,10	1.190,70
Machine à marchandises pesant 30t,5.	276,30	633,00	180,85	1.090,15
Great Southern and Western (Irlande).				
Machine à voyageurs pesant 30 tonnes.	437,10	1.111,55	212,25	1.760,90
Machine à voyageurs pesant 27 tonnes.	428,30	1.111,55	207,25	1.747,10
Machine à marchandises pesant 30 tonnes.	405,70	1.212,05	202,20	1.819,95
Pennsylvania Railroad (Amérique).				
Machine à voyageurs pesant 29t,8.	314,00	710,90	155,75	1.180,65

Dépenses d'exploitation des chemins de fer. — D'après un rapport officiel du *Board of Trade* pour 1876, les dépenses d'exploitation, pour cette année, ont donné les moyennes générales suivantes, pour la totalité des réseaux du Royaume-Uni :

	PAR TRAIN kilométrique.	PAR KILOMÈTRE exploité.
	centimes.	francs.
Entretien de la voie.	48,64	6.203
Locomotive et matériel roulant. . .	70,90	10,344
Frais généraux.	80,72	10.318
Impôts, taxes, etc.	14,67	1.875
Divers.	10,56	1.343
Total.	225,49	30.078

Il y a des différences notables entre l'Angleterre, l'Écosse et l'Irlande, comme le montre le résumé suivant :

	PAR TRAIN kilométrique.			PAR KILOMÈTRE exploité.		
	Angleterre et Pays de Galles.	Écosse.	Irlande.	Angleterre et Pays de Galles.	Écosse.	Irlande.
	cent.	c-nt.	cent.	francs.	francs.	francs
Entretien de la voie.......	47,53	48,31	69,37	7.125	4.562	3.125
Locomotive et matériel roulant.	82,15	74,26	77,40	12.328	7.016	3.500
Frais généraux..........	83,13	68,27	68,92	12.484	6.437	3.109
Impôts, taxes, etc.	15,33	11,47	10,89	2.297	1.093	484
Divers...............	9,46	10,04	8.55	1.609	953	391
Total...........	237,60	212,35	235,13	3.5843	20.061	10.609

Emploi de câbles transporteurs aériens. — A diverses reprises, l'emploi de câbles transporteurs a été signalé dans les *Annales* (*) comme pouvant donner des résultats avantageux ; un exemple intéressant de ce système a été présenté par M. Körting à la société des architectes et ingénieurs du Hanovre : la description complète a paru dans la *Zeitschrift des architekten und ingenieur vereins* ; nous croyons devoir donner les dispositions générales de ce mode de transport :

Il s'agissait de transporter à l'usine à gaz de Hanovre les charbons qui arrivaient à la gare de Küchengarten : l'espace à parcourir comprenait, entre des espaces de terrains vides, une rue et une rivière l'Ihme. Ces conditions éliminaient le choix d'une voie ferrée au niveau du sol ou en tunnel et firent décider l'emploi d'une voie aérienne sur câble métallique.

Cette ligne aérienne présente trois alignements droits formant, deux à deux, des angles de 135° et de 123°,30 ; la longueur est d'environ 600 mètres. Il y a deux câbles, un pour l'aller, l'autre pour le retour, distants de 1m,75 ; amarrés à la gare, ils s'élèvent à 7 mètres au-dessus du sol et passent à 9 mètres au-dessus de l'Ihme. Ils sont constitués par des fils de fer de 4 mètres, tordus en hélice. Le câble des wagonnets chargés a 28 millimètres de diamètre, celui des wagonnets vides 24 millimètres ; à l'usine à gaz ils sont tendus à l'aide de poids qui sont respectivement de 5.000 et de 4.000 kilogrammes. Les supports des câbles sont à 20 mètres environ de distance ; le passage de l'Ihme a 50 mètres

(*) *Ann.* 1877, 1er sem., p. 390 ; 2e sem., p. 373.

de portée ; des galets en fer sur lesquels posent ces câbles assurent le libre jeu de la dilatation. Aux courbes, les câbles passent sur des poulies portées par une pièce en fonte et assez rapprochées les unes des autres.

Les wagonnets en tôle, d'une contenance de 3 hectolitres, sont suspendus par des tourillons à un cadre relié à deux poulies à gorge qui roulent sur le cadre ; ils se meuvent toujours dans le même sens sur chaque câble ; à chaque courbe, comme les poulies ne pourraient rester sur le câble, on a établi un rail d'évitement ; des rails d'évitement semblables se trouvent à la station de départ et à celle d'arrivée.

Les wagonnets sont mis en mouvement par l'intermédiaire d'un câble de traction sans fin qui est placé à $0^m,40$ au-dessous des câbles de roulement ; ce câble, constitué par une âme en chanvre entourée de fils de fer, a un diamètre de $0^m,016$. Ce câble passe à la gare de Kütchengarten sur une poulie presque horizontale ; à l'usine à gaz, chaque brin passe sur une poulie verticale dont l'une est mise en mouvement par une machine à vapeur de 6 chevaux, puis de là sur une poulie horizontale sur laquelle se ferme le circuit continu. Cette dernière poulie est montée sur un chariot tenseur constamment tiré par un poids de 600 kilogrammes. Le câble, lorsqu'il est libre, repose sur des poulies placées à 50 mètres l'une de l'autre sur les supports ; lorsque le système fonctionne, ce câble passe, à chaque wagonnet, sur une poulie fixée au cadre de suspension. Un système spécial de déclic à excentrique assure la liaison du wagonnet et du câble de traction lorsqu'il est nécessaire.

Nous n'entrerons pas dans le détail du fonctionnement par suite duquel à chaque station le décliquetage se fait automatiquement, non plus que sur le mode d'exploitation ; nous dirons seulement que le passage à chaque courbe et sur chaque câble exige l'intervention d'un ouvrier, ce qui semble peu économique ; il ne semble pas impossible, *à priori*, de pouvoir arriver à produire automatiquement cet effet.

La vitesse du câble de traction est de $1^m,33$ par seconde ; les wagons se suivent à peu près à 55 mètres de distance, 10 wagonnets chargés et 10 wagonnets vides se trouvent à la fois sur le câble. Il serait possible de transporter 21.500 kilogrammes de charbon par heure.

Nous donnons ci-après le prix des parties qui ne présentent pas une disposition spéciale et qui se représenteraient dans tout système analogue.

Partie métallique : câbles, poulies, courbes, montage, machine à vapeur	fr. 24.500
Charpente, colonnes, pilotis, pont de sûreté, toitures	19.500
Déblai, maçonnerie	3.500
	47.500

La dépense totale, y compris l'achat du terrain, la clôture, les 36 wagonnets, etc., s'est élevée à 90.000 francs environ.

La partie métallique a été fournie par MM. Blaichert et Otto.

Les wagonnets vides au retour serviront ultérieurement au transport des goudrons; dès à présent le transport ne revient qu'à 1f,05 pour 1.000 kilogrammes (en tenant compte de l'intérêt, de l'amortissement et de l'entretien), soit une économie de 0,25 sur le transport par essieux.

Amélioration de la passe sud du Mississipi (*). — Nous extrayons d'un rapport officiel du capitaine Eads les conclusions sur les améliorations déjà obtenues :

1° La concentration de l'eau, coulant sur un banc de sable à l'embouchure de la passe, par les jetées, a créé un chenal de 60 mètres de large n'ayant en aucun point moins de 6 mètres de profondeur, alors qu'il n'y avait auparavant que 2m,40.

2° La concentration de l'eau sur le haut fond à la tête de la passe a créé un chenal de 120 mètres de largeur et de 6 mètres de profondeur et présentant, à la partie centrale, une profondeur de 9 mètres; il n'y avait primitivement que 4m,20 à 4m,50.

3° Pendant la période où les travaux, exécutés à la tête de la passe, s'opposèrent à ce que le courant pût passer en entier dans cette partie, un dépôt temporaire se produisit dans la passe et entre les jetées.

4° Le rétablissement du courant a commencé à élargir la passe de nouveau; en trois mois un cube de 28.000mc fut déplacé, la largeur du chenal sur 600 mètres environ a atteint 90 mètres sur une profondeur du 8m,40 et a sur une certaine longueur, elle, atteint 100 mètres sur une profondeur de 9 mètres.

5° Le courant du golfe, par le travers de l'embouchure de la passe, s'oppose à la reproduction d'une barre en avant des jetées, en approfondissant le talus extérieur de cette barre, ce qui rejette à des distances inconnues les matières sédimentaires apportées par le fleuve.

(*) Voir un précédent article sur le même sujet (*Ann.* 1875, 1er sem., p. 247).

L'isthme de Gabès et l'extrémité orientale de la dépression saharienne. — Nous avons rendu compte (*) de la mission d'exploration de l'isthme de Gabès dont M. Roudaire avait été chargé. M. E. Fuchs, ingénieur au corps des mines, a présenté à la Société de géographie (septembre 1877) un travail sur la même question, dont nous croyons devoir reproduire les conclusions qui sont les suivantes :

1° La dépression saharienne n'a jamais constitué, dans les temps historiques, un golfe rattaché à la Méditerranée ; elle a, au contraire, été remplie par les eaux d'un lac salé dont l'origine est identique avec celle de tous les lacs analogues : Chotts et Sebkhas, dispersés dans le sud de la Tunisie, de l'Algérie et du Maroc. Ces lacs ont dû leur salure au lavage du terrain pliocène par les eaux courantes, et l'époque de leur plus grand développement a coïncidé avec la période glaciaire comprise, en Europe, entre le diluvium scandinave et le diluvium alpin, période postérieure à l'arrivée de l'homme sur la terre et dont ce dernier peut, par conséquent, avoir conservé des souvenirs plus ou moins confus.

2° L'isthme de Gabès, c'est-à-dire le barrage qui sépare la dépression saharienne de la Méditerranée, est formée de collines calcaires et gréseuses dont les assises font partie de la base du terrain éocène.

3° Ce barrage existait déjà à l'époque du remplissage des lacs, et n'a subi dans les temps modernes qu'un relèvement d'une quinzaine de mètres, qui n'a dû exercer qu'une influence secondaire, et peut-être même tout à fait insignifiante, sur le dessèchement de ces lacs.

4° L'époque du remplissage ayant coïncidé avec une période de grande humidité, le niveau des eaux à l'intérieur de la dépression saharienne a pu accidentellement s'élever jusqu'à la hauteur du seuil formé par la région des cols du sud, et ces derniers servir ainsi de déversoir au trop-plein des eaux des Chotts.

5° La disparition de ces conditions est due à un phénomène cosmique général dont la première phase a coïncidé avec le diluvium alpin (dernier soulèvement de la Scandinavie), phénomène qui a inauguré dans cette région, et même dans une zone plus vaste se prolongeant à travers l'Asie et l'Amérique, une période de sécheresse dont le terme n'est peut-être pas encore arrivé aujourd'hui.

6° La phase récente de cette période a eu pour effet la dessicca-

(*) *Ann.* 1876, 2e sem., p. 309.

tion lente et complète de la dépression saharienne et la transformation, en un vaste désert, de contrées autrefois renommées par leur fertilité.

Quant à la création d'une mer intérieure qui a été proposée, M. E. Fuchs pense que théoriquement, elle ne présente aucune impossibilité. Mais il pense que la nécessité d'alimenter ce bassin pour parer aux pertes par évaporation (dont il évalue l'importance à une couche de 1 mètre de hauteur par an), conduirait à donner au canal de Gabès une largeur de 100 mètres et une profondeur de 10 mètres entraînant le déplacement d'environ 50 millions de mètres cubes de roches solides diverses; la dépense serait au minimum de 300 millions. Les avantages de ce travail lui paraissent fort aléatoires : il est possible que le climat soit sérieusement modifié; que, sous l'influence des pluies, conséquences de l'évaporation, le pays recouvre sa fertilité antérieure; que le commerce trouve à la frontière saharienne des ports d'embarquement attirant de ce côté les caravanes de l'intérieur. Mais il faudrait un temps considérable pour que ces avantages pussent être sensibles; les Arabes renonceraient-ils à détruire, comme ils le font trop souvent, les forêts et les oasis ainsi créés? Le commerce saharien est-il assez important pour expliquer la dépense de sommes énormes, qui, appliquées à l'Algérie ou au Sénégal, donneraient des résultats considérables? Enfin, les rives en pente douce de cette mer seraient alternativement couvertes et découvertes, et n'est-il pas à craindre que des fièvres pernicieuses ne soient engendrées par les émanations qui s'en exhaleraient?

Telles sont les principales objections qui, en dehors du côté politique de la question qui n'est pas sans importance, doivent être sérieusement discutées avant que l'on étudie la partie technique et financière de ce problème. Il semble d'ailleurs que la question soit, au moins provisoirement, abandonnée.

Éclairage électrique. — A la suite de l'exposition scientifique qui eut lieu à Londres (South Kensington) en 1876, la *Corporation of Trinity House*, qui est chargée en Angleterre de toutes les questions qui se rattachent à l'éclairage et au balisage des côtes, décida de faire des essais en grand pour déterminer les meilleurs systèmes de machines électro-dynamiques capables de produire de la lumière électrique en vue d'une installation des phares du cap Lizard. Ces essais durèrent un mois, aux phares de South Foreland, sous la direction de MM. Tyndall, le physicien bien connu, et Douglas, l'ingénieur de la *Corporation*. L'installation paraît

avoir été tout à fait satisfaisante et les comparaisons semblent avoir été faites dans de bonnes conditions, puisque l'existence de deux phares, en un même point, permet de faire des mesures photométriques, exemptes des erreurs qui se présentent nécessairement, lorsque les lumières examinées ne peuvent être vues que les unes après les autres. Nous ne pouvons entrer dans le détail des précautions prises et des résultats obtenus, tels qu'ils sont consignés dans les rapports de MM. Tyndall et Douglas (ces rapports ont paru dans le journal anglais *Engineering*, numéros des 19, 22 et 29 octobre 1877). Nous nous bornerons à citer quelques chiffres qui résument ces recherches.

Les machines sur lesquelles portèrent les essais étaient les suivantes :

1. Des machines Holmes qui avaient été établies antérieurement au South Foreland.
2. Une machine Gramme.
3. Deux machines Gramme couplées.
4. Une machine Siemens, grand modèle.
5. Une machine Siemens, petit modèle.

Nous devons ajouter que, d'après une indication fournie par M. Fontaine, qui exploite en France le brevet Gramme, les machines de ce système qui furent mises en expériences étaient d'un ancien modèle et ne présentaient pas les améliorations qui ont été apportées depuis à ces appareils et que ce n'est pas ici le lieu de juger.

NOM DU SYSTÈME.		HOLMES.	ALLIANCE.	GRAMME n° I.	GRAMME n° II.	SIEMENS grand modèle.	SIEMENS petit modèle. n° 58.	SIEMENS petit modèle. n° 68.
Dimensions.	Longueur. . .	1m,49	1m,32	0m,79	0m,79	1m,15	0m,66	0m,66
	Largeur. . . .	1 ,32	1 ,37	0 ,79	0 ,79	0 ,74	0 ,74	0 ,74
	Hauteur. . . .	1 ,57	1 ,47	1 ,25	1 ,25	0 ,35	0 ,25	0 ,25
Poids.		2.600k	1.850k	1.295k	1.345	590k	190k	190k
Force absorbée, en chevaux.		3,2	3,6	5,3	5,74	9,8	3,5	3,3
Nombre de tours, par minute.		400	400	420	420	480	850	850
Lumière produite, en bougies.	Faisceau total.	1.523	1.953	6.663	6.663	14.818	5.539	6.864
	Faisceau restreint (*). . .	1.523	1.953	4.016	4.016	8.932	3.339	413
Lumière produite, évaluée en bougies, par force de cheval.	Faisceau total (*). . .	476	543	1.257	1.257	1.512	1.582	2.080
	Faisceau restreint (*).	476	543	758	758	911	954	1.254
Dimensions des charbons carrés.		0,010	0,010	0.013	0,013	0,017	0,013	0,013
Ordre de mérite.		VI	V	IV	IV	III	II	I

(*) Dans les systèmes où le courant est alternatif, les charbons s'usent également; dans ceux où le courant a un sens déterminé et où les charbons s'usent inégalement, il en est autrement et la forme de l'un d'eux (celui du sommet) a pour effet de restreindre le faisceau de lumière émise dans le sens vertical; on évite cet inconvénient, et l'on augmente par suite l'intensité, en ne disposant pas le charbon supérieur sur le prolongement du charbon inférieur, ce qui permet d'utiliser la totalité du faisceau.

En conséquence de ces expériences, les rapports précités proposent de confier à MM. Siemens la construction des appareils destinés à l'éclairage des phares du cap Lizard.

C. M. G.

N° 18

PONT DES QUATRE-SAISONS

(Chemin de fer de Rodez à Millau).

NOTE SUR LA CONSTRUCTION DES VOUTES

Par M. DE VIALAR, ingénieur des ponts et chaussées.

CHAPITRE I.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'OUVRAGE.

Situation de l'ouvrage et système adopté. — Le pont des Quatre-Saisons est situé à 2 kilomètres de Rodez, au point même où entre en gare, par trois voies, le chemin de fer de Rodez à Millau, construit par l'État pour la compagnie du Midi. Il est supérieur au chemin de fer et sert au raccordement des routes nationale n° 88 et départementale n° 8; la première faisant avec l'axe du chemin de fer un angle de 66°, la seconde parallèle à cet axe et du côté de l'angle obtus (Pl. 9, *fig.* 1).

Le système d'un pont à une seule arche fondée sur culées noyées, était adopté en principe. Mais comment devait se faire le raccordement des deux routes?

La première idée qui vient à l'esprit est certainement celle de dévier la route départementale, de l'éloigner du chemin de fer près du pont, de manière à donner à l'axe de la route un rayon de 20 mètres en dehors de l'ouvrage.

Mais il aurait fallu pour cela démolir une maison. Or,

les prix payés pour les expropriations dans le département de l'Aveyron rendaient cette solution absolument impossible.

Le projet approuvé avait prévu un pont biais dont l'axe était celui même de la route nationale. Seulement à l'extrémité nord et du côté Millau, au moyen d'une faible courbure des murs de tympans en dehors du vide de la voûte, la route départementale venait se raccorder avec la première par une courbe de 10 mètres de rayon.

Ce projet parut difficilement exécutable. La circulation sur la route départementale n° 8, à l'emplacement du pont, est en effet au moins égale à celle de la route nationale. Les grandes diligences de Rodez à Millau, attelées de cinq chevaux placés sur deux rangs, n'auraient certainement pas pu, sans de grands dangers, tourner sur un aussi faible rayon. Mêmes difficultés étaient à craindre pour les charrettes de transport, vers la Lozère ou vers le Midi, qui ont souvent une file de 6 et de 8 chevaux.

Le conseil municipal de Rodez s'était ému de pareille situation. Il avait demandé, à une centaine de mètres du premier, la construction d'un second pont biais, qui aurait exclusivement servi à la route départementale. Avant même cette pétition, du reste, les ingénieurs avaient compris la nécessité d'un changement dans les projets approuvés; seulement ils avaient toujours reculé devant la construction de deux grands ouvrages si voisins. Après conférence, MM. Renoust des Orgeries, ingénieur en chef du service ordinaire, et Robaglia, ingénieur en chef du chemin de fer, arrêtèrent que l'axe du pont suivant la route nationale étant conservé, on ferait vers la route départementale un élargissement circulaire de l'ouvrage. Cet élargissement devait permettre de donner un rayon de 20 mètres à l'axe de la déviation.

Il résultait de cette décision, pour l'ouvrage, une forme au premier abord étrange. Mais elle se trouve tellement jus-

tifiée par la nécessité des lieux, qu'elle paraît maintenant, après exécution, toute naturelle.

Quoi qu'il en soit, comme nous ne connaissons pas d'exemple d'un pont présentant un encorbellement de 4 mètres, nous croyons que quelques explications sur le mode de construction peuvent intéresser les lecteurs des *Annales*.

Appareil cylindrique. — Le cylindre de la voûte a pour section, suivant la face biaise, une circonférence de 12 mètres de rayon ; la section droite est donc elliptique. On aurait pu adopter pour section droite une partie de circonférence; ce qui aurait donné une ellipse pour l'intersection par les plans de tête. La solution adoptée est, nous le croyons, dans l'espèce au moins, la plus rationnelle. Car l'ouvrage pouvant être observé de très-loin, les vides sous le bandeau et au-dessus du parapet se détachent seuls.

On ne sait si l'on a devant soi un pont biais ou un pont droit, et il est plus satisfaisant pour l'œil de voir un arc de cercle qu'un arc d'ellipse, dont rien ne pourrait justifier l'adoption.

Élargissement conique. — Comment devait être prévue la voûte sous l'élargissement? Pour résoudre cette question, nous ne connaissons d'autre modèle que celui du pont de Tours, construit en 1762 par Bayeux. Mais l'élargissement, fort peu important par rapport au reste de l'ouvrage, avait été établi par une voûte à intrados concave, dont l'appareil de pierre de taille présentait une grande complication. Une telle solution nous était, à tous points de vue, interdite.

L'examen du chanfrein conique proposé par M. Nordling pour les ponts biais (*Annales des ponts et chaussées* de 1868, n° 228), donna l'idée de la solution exécutée.

Une première étude de l'élargissement fut faite, en prévoyant simplement un grand chanfrein conique, d'après les données du mémoire précité. Le sommet du cône était,

pour la tête Millau, du côté Rodez. Mais sur un modèle en pierre nous n'avons pas tardé à nous rendre compte du mauvais effet d'une pareille solution.

Un voyageur arrivant sur l'ouvrage par la route départementale parallèle au chemin de fer, aurait vu, sur une moitié de l'ouverture, la tête circulaire *ab*, et sur l'autre moitié une courbe analogue à un quart d'ellipse à grand axe vertical *ad*. L'aspect eût été extrêmement disgracieux (*fig.* 5).

Nous avons dû rechercher, par conséquent, la possibilité de faire voir entièrement dans la position précédemment définie, tout l'intrados circulaire *bac*; la tête de l'élargissement se projetant en dehors du vide de la voûte en *ad* (*fig.* 6).

Cette considération nous amenait à établir le sommet du cône du côté Millau, pour la tête Millau. Mais quelle devait être exactement sa position?

Il fallait en premier lieu que le mauvais effet redouté ne se produisît pas pour un voyageur même à cheval ou en voiture ; d'où nécessité pour le sommet du cône d'être dans un plan parallèle à la chaussée de la route départementale et à 2^{m},25 environ au-dessus d'elle.

L'œil du spectateur devant se trouver dans l'intérieur du cône formant le large chanfrein, il fallait que le sommet de ce cône fût le plus éloigné qu'il était possible de l'axe du chemin de fer et, au minimum, sur les bords de la route départementale.

Enfin la courbe d'intersection du cône avec le cylindre vertical des tympans de l'élargissement, courbe qui est une sorte de 8, ne devait pas présenter de points d'inflexion.

Quelques tâtonnements furent nécessaires. Une solution fut trouvée en établissant le sommet du cône de l'élargissement : 1° dans le plan horizontal précédemment déterminé; 2° dans un plan vertical perpendiculaire à la tête Millau, et à 12^{m},30 du centre du cercle d'intrados; 3° enfin

à 19 mètres de cette tête du côté Millau. Avec ces dispositions, l'extrémité de la voûte conique est à $7^{m},10$ du plan de tête.

Appareil des voûtes. — Pour la voûte cylindrique, nous avons prévu l'appareil hélicoïdal simplifié ; il est assez connu pour que nous nous dispensions d'insister sur ce sujet. Les bandeaux sont seuls en pierres de taille ; l'intérieur de la voûte est en moellons tétués, deux moellons correspondant à chaque pierre de taille. Des chanfreins coniques, tracés suivant la méthode de M. Nordling, coupent les angles aigus en saillie.

Nous nous proposions d'éviter les pierres de taille dans l'intérieur de la voûte conique, aussi bien que dans celui de la voûte cylindrique. Nous avons donc développé le cône d'élargissement (*fig.* 2). Le développement nous donnait une sorte de triangle dont l'angle, au sommet très-aigu, était formé par deux lignes courbes. Or, pour le tracé des lignes de joints, dans le développement de la douelle cylindrique, on remplace les sinusoïdes de têtes par des lignes droites. Nous étions conduit de même à remplacer par des lignes droites les deux courbes obtenues.

Seulement ces lignes formaient un angle au sommet O, tandis que dans le développement du cylindre elles étaient parallèles. Les lignes de joints normales aux précédentes, qui dans la voûte biaise développée sont des lignes droites, se trouvaient donc naturellement des portions de circonférences décrites du centre O. Et les surfaces du lit devaient être engendrées par une normale au cône, en mouvement sur ces lignes de joint.

En somme, la méthode d'appareil de la voûte conique est calquée sur celle de la voûte cylindrique ; il n'y a entre elles qu'un changement de forme.

CHAPITRE II.

EXÉCUTION DES VOUTES.

Restait à exécuter l'appareil projeté. Les épures étant faites, on s'attacha à vérifier directement tout ce qui servait à la construction de la voûte : le cintre et chaque pierre de taille.

Vérification du cintre. — Pour vérifier le cintre on releva en premier lieu, par un ruban décamétrique et un niveau à bulle d'air, les cotes d'un grand nombre de points choisis au sommet, à la base et dans les parties intermédiaires du cintre. Comme la surface supérieure était constituée non-seulement par des couchis jointifs de $0^m,08$ de hauteur, mais encore par des planches de $0^m,03$, on pouvait facilement, en rognant ces planches, en les surélevant au moyen de cales, arriver à une grande exactitude. Nous avions prévu un relèvement du cintre de $0^m,05$ à son sommet, pour nous mettre à l'abri des tassements que pouvaient amener l'hiver et la construction même de la voûte.

L'implantation générale étant vérifiée, nous nous sommes assuré de la forme de la voûte cylindrique par des cercles de 3 mètres de longueur, taillées suivant des circonférences d'intrados, que nous faisions promener sur le bois parallèlement aux plans de tête, et par des fils tendus suivant les génératrices du cylindre.

Pour la surface d'élargissement conique, des fils ont été de même tendus entre le sommet du cône repéré par une balise, et différents points de la circonférence d'intrados de la tête plane Millau.

Il était facile d'apporter une grande précision dans toutes ces opérations.

Vérification de taille et de pose des pierres. — Sur le

cintre furent tracées les lignes des têtes et les hélices des joints. Nous n'insisterons pas sur cette opération très-simple.

Cependant, ce n'est pas le cintre ainsi vérifié et préparé qui fut pris pour base de la construction. Nous avons pensé que des mécomptes étaient toujours à craindre, si l'on s'en rapportait aveuglément à la forme exacte du cintre. L'expérience de quelques passages supérieurs construits auparavant, nous avait montré des modifications de courbure trop peu négligeables survenues en exécution, sous l'influence de la montée de la voûte. Et cela même en prenant la précaution non omise, de surcharger à l'avance le cintre du poids des pierres de la construction.

Il nous a paru préférable de vérifier directement la taille et la pose de chaque pierre. Tout voussoir de la voûte doit satisfaire à une double condition : 1° la taille doit en être très-exacte; 2° il doit être bien placé. D'où une double vérification nécessaire pour la taille et pour la pose. Et entre ces deux vérifications, il est une relation très-étroite.

Un voussoir bien taillé ne peut s'appliquer qu'en sa position réelle et inversement s'il se trouve dans sa véritable position, il faut que sa taille soit irréprochable.

Pour que les pierres fussent taillées avec une grande précision, il a été préparé au bureau, non-seulement une épure générale pour tout l'ouvrage, mais encore pour la voûte conique la plus délicate et la moins connue, une épure à grande échelle où des repères nombreux étaient indiqués et les pierres même, numérotées.

Ces données furent exactement reportées en véritable grandeur, sur l'aire et avec des plaques de zinc, avec des équerres à branches mobiles, on put y prendre tous les renseignements pour une taille exacte.

On vérifiait ensuite *complétement* la pose de chaque pierre.

Il y a en somme dans la voûte trois classes de vous-

soirs : 1° ceux de tête biaise avec bandeau plan; 2° ceux de la tête élargie avec bandeau cylindrique; 3° ceux enfin formant la jonction entre les voûtes cylindriques et coniques, sans partie verticale vue.

Pour les premiers on vérifiait (*fig.* 4) : 1° la surface plane du bandeau *abcd*; 2° deux droites *cg* et *dh* en longueur et en position et, par suite, *gh*. La vérification était donc absolument complète, puisqu'elle s'appliquait à toutes les lignes vues. Il importe, en effet, assez peu, que les autres lignes aient très-exactement la direction et la longueur que leur attribue le dessin.

La vérification de la face plane du bandeau comportait celle, 1° du plan de la face; 2° de trois points de ce plan.

Les courbes d'intrados des têtes avaient été tracées très-exactement sur le cintre, et le plan de cette courbe n'était pas altéré par des tassements du cintre, s'ils avaient lieu. Un fil à plomb permettait de déterminer exactement le plan vertical.

2° La vérification de trois points du plan était remplacée par une autre qui lui est équivalente, celle d'une droite en position et celle de la direction d'une seconde droite. La droite en position était le joint d'attente du voussoir déjà posé. La direction de la seconde droite était celle du joint d'attente du voussoir à poser. Cette direction était vérifiée par le niveau de M. Kleitz.

Ainsi (*fig.* 3) le voussoir V_2 était placé sur le voussoir V_1, de façon que le point b' vînt contre le point b, et que la droite $b'a'$ prît la direction ba reconnue exacte; puis on vérifiait l'inclinaison de cd.

Cette vérification permettait de constater si le cintre était bien en place. On rognait le bois des planches ou bien on ajoutait des cales sous les pierres, suivant les cas. Jamais la divergence n'a dépassé 2 centimètres. Notons que l'emploi d'un simbleau, auquel nous avions songé, eût été sinon impossible au moins très-difficile.

Dans ces conditions, évidemment le tracé des lignes *cg*, *dk* sur le cintre (*fig.* 4) pouvait être pris pour absolument exact. Il était facile de voir si les joints d'intrados de la pierre le suivaient exactement.

La vérification de la tête courbe se faisait d'une manière identique. Au lieu d'une face plane, le bandeau est une portion de cylindre et les lignes de joint de ce cylindre de tête sont des portions d'ellipses allongées, remplacées par des droites dans la faible hauteur d'un voussoir.

Ce cylindre était, de même que précédemment le plan, vérifié au moyen du fil à plomb placé suivant la courbe de tête tracée sur le cintre.

Pour des lignes de joint dans le cylindre de tête, le niveau de M. Kleitz s'applique identiquement.

Enfin, pour les joints de la surface conique d'intrados, de même qu'on avait tracé sur le cylindre les hélices de joints (des droites en développement), de même avait-on dessiné sur le cône les courbes qui, développées, étaient des portions de circonférence.

Restent seulement les pierres de la troisième classe, dont les seules parties vues se trouvent sur le cylindre et sur le cône d'intrados. La direction des joints était tracée sur le cintre, et, sur celui-ci, quelques points de l'arête saillante inférieure furent vérifiés au niveau. D'ailleurs, hâtons-nous de le dire, pour ces pierres de forme compliquée, sans une taille précise, toute pose eût été particulièrement impossible sur le cintre exact.

Précautions diverses. — D'autres précautions furent prises durant la construction de la voûte. Nous allons les rappeler brièvement :

1° On chargea les cintres d'un poids à peu près égal à celui des maçonneries, pour produire le tassement.

2° Un soin particulier fut apporté à la confection du mortier. Au dosage normal de 330 kilogrammes de chaux du Theil pour 1 mètre cube de sable, on ajouta, selon les

prescriptions de M. l'ingénieur en chef Robaglia, 50 kilog. de ciment de Portland. Le mortier fut très-ferme et bien gâché. On le battit fortement entre les joints au moyen d'une fiche à dents.

3° L'épaisseur des joints fut augmentée d'environ $0^m,005$ à l'intrados près du joint de rupture à 30°, et à l'extrados près de la clef.

4° Avant le décintrement, les maçonneries des tympans furent élevées au delà des joints de rupture.

Décintrement. — Pour le décintrement, de grandes lignes avaient été tracées sur les bandeaux et des points de ces lignes nivelés avec soin. Des abaissements de $0^m,005$ au plus furent constatés en quelques points.

Dépenses. — La dépense totale de l'ouvrage est de 57.000 francs. Il est certainement fort difficile de déterminer dans ce total quel est le prix spécial de l'élargissement conique. Nous dirons seulement que sans lui, le pont biais n'eût véritablement pas coûté moins de 40 ou 45.000 francs. Ces évaluations sommaires suffisent pour chiffrer l'avantage pécuniaire obtenu par le projet exécuté. Un second ouvrage sur la route départementale, bien qu'un peu moins large, eût en effet coûté aussi cher que le premier, car le biais eût été beaucoup plus prononcé.

Alger, novembre 1877.

N° 19

ÉTUDE
SUR
LES CHEMINS DE FER DES PAYS-BAS

Par M. Albert JACQMIN,
Ancien élève de l'École polytechnique,
Ingénieur attaché à l'exploitation des chemins de fer de l'Est.

Préliminaires. — L'origine des chemins de fer dans les Pays-Bas remonte à l'année 1836.

Un arrêté royal, en date du 19 février 1836, instituait, sous la présidence de M. Falk, une commission chargée de délibérer sur les questions suivantes :

1° Y a-t-il utilité à construire des chemins de fer ?

2° En cas de réponse affirmative à la question précédente, quelles sont les lignes à construire dans les Pays-Bas, et quel ordre doit-on suivre dans leur exécution ?

Le 1er juin suivant, un nouvel arrêté royal, rendu sur l'avis conforme de la commission, accordait à MM. Serrurier, Le Chevalier et Brade, la concession d'un chemin de fer d'Amsterdam à Harlem, et cette ligne, la première construite dans les Pays-Bas, était livrée à l'exploitation le 20 septembre 1839.

Le chemin de fer d'Amsterdam à Harlem a formé le premier tronçon du réseau de la compagnie du chemin de fer Hollandais ; cette société exploite aujourd'hui les lignes d'Amsterdam à Rotterdam par la Haye, d'Amsterdam au Helder et enfin d'Amsterdam à Zutphen avec embranchement d'Hilversum à Utrecht.

Le prolongement de Harlem à Rotterdam ne fut concédé à la compagnie du chemin de fer Hollandais qu'en 1840. Antérieurement à cette date, au mois de février 1838, le roi Guillaume I[er] faisait présenter aux États-Généraux un projet de loi prescrivant l'établissement d'un chemin de fer d'Amsterdam à Arnhem. Le projet fut repoussé à la deuxième Chambre par 46 voix contre 2 ; mais le roi, convaincu des avantages que le pays devait retirer de la création du chemin de fer, passa outre, et rendit, à la date du 30 avril 1838, un arrêté prescrivant la construction d'un chemin de fer d'Amsterdam à Arnhem par Utrecht, avec embranchement d'Utrecht à Rotterdam et continuation éventuelle d'Arnhem à la frontière prussienne. Les travaux devaient être exécutés sous la direction du ministre de l'intérieur, et la dépense soldée au moyen d'un emprunt de 9 millions de florins qui pouvait être porté au besoin jusqu'à 18 millions de florins.

Les intérêts, à raison de 4 1/2 p. 100, seraient payés au moyen des produits nets de la ligne à construire, et, en cas d'insuffisance desdits produits nets, le roi s'engageait à payer le complément sur ses fonds personnels.

Dans le cas où la ligne eût fait simplement ses frais d'exploitation, le roi se serait trouvé engagé pour une somme annuelle de 850.000 florins, soit près de 1.800.000 francs, représentant plus du tiers d'une liste civile de 2.400.000 florins.

En réalité, la garantie dont il vient d'être parlé n'a jamais été effective, et les recettes de la ligne ont suffi à assurer le service des emprunts contractés ; mais, au début, on pouvait craindre qu'il n'en fût pas ainsi, et l'on doit rendre justice à l'initiative généreuse du roi qui n'hésitait pas à risquer une part importante de sa fortune privée pour doter son pays d'un instrument de travail utile.

La section d'Amsterdam à Utrecht fut ouverte à l'exploitation le 28 décembre 1843. Seize mois plus tard, la ligne

étant sur le point d'être terminée jusqu'à Arnhem, le roi autorisa le ministre de l'intérieur, par arrêté en date du 28 avril 1845, à concéder l'exploitation de la partie déjà construite, ainsi que la construction et l'exploitation de l'embranchement d'Utrecht à Rotterdam. Enfin le 20 mai 1845, un nouvel arrêté déclara MM. L. J. Enthoven et Cie, Gowers Nephews et Cie...., concessionnaires des lignes indiquées ci-dessus.

Le chemin de fer d'Amsterdam à Utrecht et Arnhem, réuni aux lignes de Gouda à La Haye, Harmelen à Breukelen et de Leyde à Wœrden, constitue aujourd'hui le réseau du chemin de fer Néerlandais-Rhénan.

Les deux compagnies du chemin de fer Hollandais et du chemin de fer Néerlandais-Rhénan sont les plus anciennes des Pays-Bas ; elles sont aussi les plus florissantes, ainsi que nous le verrons plus tard.

Après la formation de ces deux sociétés, nous trouvons encore un certain nombre de concessions, notamment la ligne de la frontière belge, vers Anvers, au Hollandsch-Diep, avec service de bateau à vapeur entre le Hollandsch-Diep et Rotterdam, concédée à la société d'Anvers-Rotterdam, et la ligne d'Utrecht à Zwolle qui appartient aujourd'hui à la compagnie du Central-Néerlandais ; mais les autres tentatives de concession dans le nord, le sud et l'est du royaume furent infructueuses.

Origines du réseau de l'État. — Dès l'année 1857, le gouvernement dut songer à prendre des mesures plus efficaces pour compléter le réseau national. Trois projets de lois furent présentés aux Chambres dans la session de 1857 : l'un décrétait l'ouverture d'un compte spécial pour les frais d'études des chemins de fer ; le second instituait un fonds de subvention en faveur des lignes à construire ; enfin le dernier dispensait de tous droits d'enregistrement les actes de vente des immeubles nécessaires à l'établissement des chemins de fer. Ces trois projets n'eurent d'autre

suite que quelques crédits votés pour frais d'études pendant les années suivantes.

En 1858, le ministère fit adopter par la deuxième Chambre la constitution de deux réseaux, l'un dit réseau du Nord, l'autre réseau du Sud. Chaque réseau était concédé avec garantie d'intérêt au taux de 4 1/2 p. 100 pour un capital déterminé. Le réseau Sud recevait en plus une subvention pour les grands travaux d'art à exécuter.

Ces diverses combinaisons ne reçurent pas l'assentiment de la première Chambre ; il fallut en conséquence étudier la question à nouveau, et finalement, le 18 août 1860, fut promulguée une loi prescrivant la construction, pour le compte de l'État, de certaines lignes déterminées.

La Chambre votait en même temps l'inscription au budget d'un crédit maximum annuel de 10 millions de florins pour faire face aux dépenses d'établissement du réseau de l'État. Il devait être statué ultérieurement sur les conditions de l'exploitation.

Pendant que le mode d'établissement des nouvelles lignes était ainsi à l'étude, le gouvernement faisait adopter, le 21 août 1859, une loi réglant d'une manière générale l'usage des chemins de fer, et imposant aux compagnies diverses obligations analogues à celles qui existent dans le cahier des charges des compagnies françaises, ou qui résultent pour ces dernières de la loi du 15 juillet 1845 et de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846.

L'article 58 de la loi du 21 août 1859 dit que, d'une manière générale, la loi nouvelle est applicable aux concessions anciennes. Toutefois, divers articles pouvant engager, dans une certaine mesure, les compagnies à des dépenses ne seront appliqués qu'en vertu d'une décision spéciale à prendre par le roi.

Dans le cas où cette décision entraînerait effectivement pour les compagnies un surcroît de charges non prévues dans les actes de concession, les compagnies auraient droit

à une indemnité à fixer soit à l'amiable, soit par les tribunaux.

La loi de 1859 a été abrogée et remplacée par celle du 9 avril 1875.

Cette dernière, dans laquelle sont reproduites toutes les prescriptions de la loi de 1859, contient de plus quelques dispositions relativement peu importantes.

Ces dispositions se retrouvent également pour la plupart dans les actes de concession des compagnies françaises.

La construction des chemins votés par la loi du 18 août 1860 fut immédiatement commencée ; dès le 24 août, le roi nommait une commission chargée de surveiller l'exécution des lignes ; trois ans plus tard, il devenait nécessaire d'arrêter le mode d'exploitation du réseau de l'État.

La loi du 3 juillet 1863 décide que l'exploitation des chemins de fer de l'État sera confiée à des entreprises particulières. Nous lisons, à ce sujet, dans l'exposé des motifs :

« Le gouvernement préfère que l'exploitation soit faite « par des particuliers ; l'exploitation des chemins de fer « est une affaire d'industrie privée ; l'État, en l'entreprenant lui-même, sortirait de son rôle. . . . .

« Le zèle, la capacité des fonctionnaires publics n'obtiendront jamais de résultats comparables à ceux que « peuvent donner les efforts de l'industrie privée ; l'intérêt « direct de celle-ci amène forcément des améliorations de « service, tout en réduisant les dépenses au strict néces- « saire et en retirant par conséquent de la ligne le produit « le plus élevé. »

Il est impossible de se prononcer d'une manière plus formelle contre l'exploitation directe par l'État.

Le 11 août 1863, le ministre des affaires intérieures, M. Thorbecke, signait avec MM. Van Heukelom, Mendel, Poolman et Vrolik, l'acte intitulé *Conditions de concession pour l'exploitation des chemins de fer de l'État*, dressé

d'après les bases posées par la loi du 3 juillet précédent. Le 7 septembre de la même année, un arrêté royal approuvait les statuts de la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État, société dont le réseau est aujourd'hui le plus important des Pays-Bas (*).

On verra plus loin quelles ont été les conséquences de cette convention du 11 août 1863, et comment l'État et la Société ont été conduits à conclure le 25 mai 1876 une convention nouvelle sur des bases fort différentes de celles précédemment admises. Disons seulement, dès maintenant, que dans cette période de 1863 à 1876, les différentes lignes prévues dans la loi du 18 août 1860 ont été successivement construites et livrées à l'exploitation. La plupart de ces lignes ont présenté des difficultés d'exécution considérables et donné lieu à des travaux d'art de la plus grande importance, tels que le pont de Moerdyk, la traversée de Rotterdam, le pont de Kuilenburg, le barrage de l'Escaut, etc. . . . .

Nous n'avons pas à parler ici de ces magnifiques ouvrages, et nous ne pouvons que renvoyer à la remarquable Notice publiée à ce sujet en 1874 par M. Croizette-Desnoyers, inspecteur général des ponts et chaussées.

Objet de cette Étude. — Nous bornerons notre tâche à un rapide aperçu des conditions dans lesquelles se sont constituées les compagnies du chemin de fer Hollandais et du chemin de fer Néerlandais-Rhénan, ainsi que la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État. Nous étudierons les résultats obtenus sur les différentes lignes; nous

(*) Par la convention du 11 août 1863, la Société prenait l'exploitation des lignes à construire en vertu de la loi de 1860, à l'exception de la ligne d'Amsterdam au Nieuwe-Diep. Cette dernière ligne fut concédée plus tard à la compagnie du chemin de fer Hollandais, mais exactement aux mêmes conditions que celles qui avaient été acceptées par la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État.

dirons quelques mots des autres chemins moins importants concédés dans les Pays-Bas. Enfin, nous chercherons à comparer la situation actuelle des chemins de fer en Hollande et en France, au double point de vue des relations de l'État avec les sociétés et de ces dernières avec le public.

CHEMIN DE FER HOLLANDAIS.

Premières concessions. — La première ligne de chemin de fer construite dans les Pays-Bas a été, comme nous l'avons dit en commençant cette Notice, celle d'Amsterdam à Harlem, concédée par arrêté royal du 1er juin 1836 à MM. Serrurier, Le Chevalier et Brade.

Les clauses principales de l'acte de concession sont les suivantes :

La concession est accordée pour une durée indéfinie ; toutefois, à l'expiration d'une période de trente-trois ans, le gouvernement aura le droit de racheter la ligne à toute époque, aux conditions ci-après :

L'État remboursera aux concessionnaires le montant intégral des dépenses de premier établissement, y compris la valeur des travaux complémentaires exécutés avec l'approbation du gouvernement pendant la période d'exploitation.

Le tarif moyen maximum ne dépassera pas $0^{fl},025$, soit $0^{fr},0529$ par voyageur et kilomètre ; $0^{fl},005$, soit $0^{fr},1058$ par tonne et kilomètre. Ce sont là des prix moyens ; la compagnie peut établir telle taxe qu'elle jugera convenable pour certaines catégories de voyageurs ou de marchandises, pourvu que la moyenne générale reste inférieure aux limites indiquées ci-dessus.

Le gouvernement s'est réservé le droit de prescrire une réduction générale des taxes, mais seulement dans le cas

où la compagnie aurait réalisé un bénéfice net de plus d
10 p. 100 de son capital.

Interdiction d'établir aucun impôt sur les transports. — Pendant toute la durée de la concession, aucune taxe n pourra être établie sur le chemin de fer au profit de l'État des provinces ou de particuliers.

Cette disposition fort importante se retrouve dans le cahiers des charges de toutes les lignes concédées dans le Pays-Bas.

Il n'en est malheureusement pas de même en France, où l'État peut établir sur les chemins de fer tels impôts qu'il lui convient, et frapper ainsi le commerce de véritables surtaxes.

Enfin nous signalerons l'article 10 de l'arrêté du 1er juin 1836, qui donne à toute personne munie de l'autorisation royale le droit d'organiser sur la ligne concédée un service de transport par la vapeur, sauf à payer au concessionnaire les taxes auxquelles celui-ci a droit. Le chemin de fer était considéré en quelque sorte comme une véritable voie publique sur laquelle chacun pourrait circuler à sa convenance et effectuer des transports pour son propre compte ou pour le compte de tiers.

Cette clause, maintenue tout d'abord dans le nouvel acte de concession pour la ligne de Harlem à Rotterdam, fut ensuite supprimée par l'arrêté du 15 décembre 1845, rendu spécialement à cet effet.

Le droit pour toute personne d'organiser sur une ligne quelconque de chemin de fer un service de transport a été rétabli plus tard dans la loi du 21 août 1859 (art. 4), et il subsiste encore aujourd'hui. Mais l'intervention de l'État doit s'exercer d'une manière très-sérieuse : il ne suffit plus d'une simple approbation pour permettre à un entrepreneur nouveau de venir exploiter les lignes établies par un autre. Nous pouvons ajouter que jusqu'à présent personne n'a songé à réclamer l'exercice de ce droit. Parfois deux

compagnies ont un parcours commun depuis une gare d'échange jusqu'à la bifurcation la plus proche, mais chaque réseau a son exploitation distincte.

Formation de la société du chemin de fer Hollandais. — Les concessionnaires du chemin d'Amsterdam à Harlem formèrent, à la date du 8 août 1837, une société anonyme, dont les statuts furent approuvés par un arrêté royal du [illegible] septembre suivant. L'objet primitif de la société était la construction et l'exploitation d'un chemin de fer d'Amsterdam à Rotterdam. Aussi, dès que la ligne d'Amsterdam à Harlem eut été livrée à l'exploitation le 20 septembre 1839, la société s'empressa-t-elle de solliciter la concession du prolongement jusqu'à Rotterdam ; cette concession lui fut accordée par arrêté du 22 juin 1840.

Les conditions de ce nouvel acte de concession diffèrent peu de celles que contient l'arrêté du 1er juin 1836 ; toutefois, l'État exige pour la ligne de Rotterdam à Harlem la production de plans qui doivent être approuvés par l'autorité supérieure, avant qu'il puisse être procédé à l'exécution des travaux.

La durée de la concession est indéfinie comme pour la ligne d'Amsterdam à Harlem. Le tarif moyen doit rester dans les limites déjà indiquées, et aucune taxe supplémentaire ne peut être perçue au profit de qui que ce soit. Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit plus haut relativement au droit réservé à toute personne d'organiser sur le chemin de fer un service de transport.

Tel est le régime sous lequel a été constituée la compagnie du chemin de fer Hollandais. Nous ne trouvons dans les arrêtés de concession aucune des sujétions si nombreuses qui existent dans les cahiers des charges des compagnies françaises.

Modifications résultant de la loi de 1859. — Il est vrai que, plus tard, la loi du 21 août 1859 est venue introduire dans les Pays-Bas une partie de notre réglementation ; mais

cette loi elle-même disait que son application ne pouvait entraîner aucune charge pécuniaire nouvelle pour les compagnies déjà existantes.

Pour les transports de la poste, par exemple, la loi de 1859 impose aux compagnies l'obligation de les effectuer gratuitement, tandis que, d'après les actes de concession, la compagnie du chemin de fer Hollandais n'était tenue qu'aux obligations générales des entrepreneurs de transports publics vis-à-vis de la poste. Ces obligations consistaient simplement à se charger du transport des sacs de dépêches dans le cas où le service organisé par l'État viendrait à être interrompu par suite de force majeure. La compagnie du chemin de fer Hollandais fait aujourd'hui le service de la poste ; mais l'État lui paye une redevance. De même pour les transports de troupes qui, d'après la loi de 1859, doivent se faire à moitié prix : la compagnie a établi un tarif spécial pour le transport des militaires, mais elle l'a fait de son propre mouvement ; l'État n'aurait pu exiger d'elle aucune réduction de cette nature, sans lui accorder une compensation légitime.

Tarifs. — Enfin, pour ce qui concerne les tarifs, l'État s'est fait donner par les lois de 1859 et de 1875 le droit d'approuver et même de réduire les tarifs; mais le contrat de la compagnie du chemin de fer Hollandais n'en subsiste pas moins, et le jour où un refus d'approbation entraînerait un déficit pour la compagnie, celle-ci pourrait exercer son recours contre l'État.

La dernière section du chemin de fer de Harlem à Rotterdam fut ouverte le 31 mai 1847, et pendant dix-huit ans, c'est-à-dire jusqu'en 1865, la compagnie du chemin de fer Hollandais se contenta d'exploiter la ligne d'Amsterdam à La Haye et Rotterdam.

Ligne de Scheveningen à Wœrden. — Le 24 avril 1860, la compagnie du chemin de fer Hollandais avait, il est vrai, obtenu la concession d'une ligne de Scheveningen à

La Haye, Leyde et Wœrden, se raccordant à ce dernier point avec le chemin de fer Néerlandais-Rhénan ; mais cette affaire n'eut pas de suite : la concession, réduite au parcours de Leyde à Wœrden, a été donnée ultérieurement à une compagnie spéciale. Le cahier des charges de la ligne de Scheveningen à Wœrden est néanmoins assez intéressant à étudier, en ce sens qu'il a servi à peu près complétement de type pour toutes les concessions ultérieures. Il n'en diffère, à proprement parler, que par la présence du titre premier qui contient des dispositions spéciales au parcours de La Haye à Leyde, ainsi que l'obligation de rétrécir l'écartement de la voie, et par la clause relative à la durée de la concession limitée à quatre-vingt-dix-neuf ans. A l'expiration de ce délai, le gouvernement aurait été tenu de racheter la ligne.

Ce cahier des charges, combiné avec la loi de 1859, établit un ensemble de prescriptions assez semblables à celles qui régissent les compagnies françaises. Cependant il y a certaines différences notables sur lesquelles nous reviendrons plus tard, telles que la durée pour ainsi dire illimitée des concessions, le mode d'établissement des tarifs, l'interdiction de percevoir sur le chemin de fer aucune taxe supplémentaire au profit de l'État, des provinces ou des communes.

Par contre, on trouve dans le cahier des charges de la ligne de Scheveningen à Wœrden, comme dans ceux des compagnies françaises, l'obligation de soumettre au ministre les projets de la ligne à construire, le droit pour le ministre d'ordonner la pose de la seconde voie dès que la recette dépassera un certain chiffre, des prescriptions sur le choix des matériaux à employer, sur l'écoulement des eaux, etc.

Le ministre approuve dans une certaine mesure l'organisation du service ; les règlements lui sont soumis ; il exerce son contrôle sur l'exploitation, etc., etc.

Ligne d'Amsterdam au Helder. Exploitation pour le compte de l'État. — Parmi les lignes à construire pour le compte de l'État, d'après la loi du 18 août 1860, le chemin de fer d'Amsterdam au Helder, appelé à desservir la province de la Hollande septentrionale, formait en réalité le prolongement naturel de la ligne de la Hollande méridionale d'Amsterdam à Rotterdam. Aussi l'exploitation de cette nouvelle ligne fut-elle confiée à la compagnie du chemin de fer Hollandais, par arrêté en date du 28 avril 1865. Les conditions du contrat étaient exactement les mêmes que celles qui avaient été faites deux ans auparavant à la Société d'exploitation ; nous n'en parlerons donc que plus tard en faisant l'historique de cette dernière société.

En même temps, le chemin de fer Hollandais prenait la concession d'une ligne partant d'Harlem et devant se souder à la ligne du Helder ; le point de jonction a été fixé plus tard à Uitgeest.

Le cahier des charges de la concession du chemin de fer de Harlem à Uitgeest est tout à fait analogue à celui de la ligne de Scheveningen à Wœrden. Il est à remarquer qu'à l'occasion de cette concession, les anciens contrats ne reçurent aucune modification ; le nouveau cahier des charges n'était applicable qu'à la ligne à construire.

Il n'en est pas de même en France, où il est rare qu'un tronçon de quelques kilomètres soit donné à une compagnie sans que l'État profite de la circonstance pour imposer à tout le réseau des charges nouvelles.

Nous avons dit que le titre Ier du cahier des charges de la ligne de Scheveningen à Wœrden obligeait la compagnie du chemin de fer Hollandais à rétrécir sa voie entre La Haye et Leyde ; bien que la convention du 24 avril 1860 n'ait pas été exécutée, cette disposition a néanmoins reçu son application.

La largeur de la voie, qui était primitivement de 1m,94, a été ramenée à l'écartement normal de 1m,44, sur la

ligne entière d'Amsterdam à Rotterdam. Cette mesure était indispensable pour permettre la jonction du chemin de fer Hollandais avec les autres lignes à construire, lignes qui devaient se souder elles-mêmes aux chemins situés sur les territoires étrangers.

La première section de la ligne de Harlem au Helder fut ouverte le 1er mai 1867; la ligne entière est en exploitation depuis 1868.

Extension du chemin de fer Hollandais. — La compagnie du chemin de fer Hollandais, après s'être établie dans les provinces occidentales des Pays-Bas, entreprit de développer son réseau et de s'étendre dans la direction de l'Allemagne. A cet effet, elle sollicita et obtint du gouvernement, à la date du 4 avril 1870, une nouvelle ligne d'Amsterdam à Amersfoort et Zutphen, avec embranchement d'Hilversum à Utrecht.

Les clauses de cette concession sont semblables à celles de la ligne de Harlem à Uitgeest; la ligne entière fut livrée à l'exploitation dans le courant de 1876. La compagnie cherchait en même temps à s'ouvrir un débouché direct sur l'Allemagne et passait, à cet effet, avec la compagnie du chemin de fer Hollando-Westphalien et le chemin de fer prussien de Berg et Marche, un traité d'exploitation à forfait pour la ligne de Zutphen à Bocholt. Cette dernière ligne est encore en construction.

La compagnie voulait enfin entreprendre l'exploitation des lignes d'Amersfoort à Nimègue, de Zaandam à Enkhuisen et de Rotterdam au Hoek van Holland, lignes dont la construction au compte de l'État avait été votée par la loi du 10 novembre 1875. Un projet de traité avait été préparé à cet effet avec le ministre de l'intérieur; mais ce traité ne reçut pas l'assentiment des Chambres, parce qu'une deuxième convention, dans laquelle les Chambres n'avaient cependant pas à intervenir directement, stipulait que l'État n'userait pas immédiatement de son droit de rachat sur la ligne primitive d'Amsterdam à Rotterdam.

Situation actuelle du chemin de fer Hollandais. Résultats de l'exploitation. — En résumé, le réseau de la compagnie du chemin de fer Hollandais comprenait, au 1er janvier 1877, les lignes suivantes :

	kilom.	
Amsterdam à Harlem. . . / Harlem à Rotterdam. . .	85	
Harlem à Uitgeest.	18	
Amsterdam au Helder. .	84	Exploité pour le compte de l'État, sauf la section d'Amsterdam à Zaandam (13 kil.) encore en construction.
Amsterdam à Zutphen. . / Hilversum à Utrecht. . .	126	
Zutphen à Bocholt. . . .	50	En construction, appartenant à la compagnie du chemin de fer Hollando Westphalien.

Soit en tout : 300 kilomètres en exploitation.
63 — en construction.

L'exploitation a donné depuis 1854 les résultats ci-après pour les lignes appartenant en propre à la société :

Tableau des résultats kilométriques de l'exploitation du chemin de fer Hollandais.

ANNÉES.	LONGUEUR moyenne exploitée.	RECETTE par kilomètre.	DÉPENSE par kilomètre.	RAPPORT des dépenses aux recettes.	DIVIDENDE. Somme distribuée.	DIVIDENDE. Proportion du capital.	OBSERVATIONS.
	kilomètres.	francs.	francs.	p. 100.	francs.	p. 100.	
1854	84,5	29.485,71	18.264,55	61.97	77,25	3,65	Les actions sont de 1.000 florins.
1855	84,5	29.665,61	17.409,52	58,94	89,95	4,25	
1856	84,5	29.013,75	18.351,32	63,25	68,78	3,25	
1857	84,5	29.899,46	18.190.47	60,80	84,65	4,00	
1858	84,5	30.721,69	17.170,37	55,89	105,80	5,00	
1859	84,5	29.775,66	15.244,44	51,20	105,80	5,00	
1860	84,5	31.320,63	15.367,19	49,07	105,80	5,00	
1861	84,5	33.411,64	15.102,64	45,20	107,95	5,10	
1862	84,5	33.257,14	15,889,95	47,77	127,00	6,00	
1863	84,5	35.102,64	16.264,55	46,45	132,25	6,25	
1864	84,5	37.037,04	17.248,68	46,57	147,10	6,95	
1865	84,5	39.989,48	17.261,37	43,17	153,45	7,25	
1866	84,5	34.878,31	16.283,60	46,84	111,50	4,75	
1867	96,5	36.175,66	17,026,45	47,07	115,75	5,47	
1868	102,5	37.693,12	17.650,79	46,83	127,00	6,00	
1869	102,5	40.448,68	16.979,89	41,98	152,90	7,25	
1870	102,5	39.185.18	17.701,59	45,18	129,10	6,10	
1871	102,5	41.873,01	19.322,75	46,14	133,35	6,30	
1872	102,5	43.257,04	19.547,09	45,19	137,55	6,50	
1873	102,5	45.913,23	21.104,76	45,96	145.80	6,89	
1874	138,5	39.170,37	18.601,06	47,48	139,45	6,59	
1875	167,5	39.612,70	20.027,51	50,56	125,90	5.95	
1876	205,0	37.724,87	19.337,57	51,26	122,75	5 80	

Quant aux lignes exploitées pour le compte de l'État par la compagnie du chemin de fer Hollandais, les résultats de leur exploitation ont été les suivants :

Tableau des résultats kilométriques de l'exploitation des chemins de fer de l'État Néerlandais.

Lignes exploitées par le chemin de fer Hollandais.

ANNÉES.	LONGUEUR exploitée.	RECETTES.	DÉPENSES.	REDEVANCE payée à l'État.	DÉPENSE totale.	RÉSULTATS pour la société.		OBSERVATIONS.
						Bénéfice.	Déficit.	
	kilom.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	
1868	58	6.939,68	5.830,69	437,46	6.268,15	671,53	»	
1869	60	7.187,30	5.883,60	350,05	6.233,65	953,65	»	
1870	71	7.970,37	6.918,52	939,05	7.857,57	112,80	»	
1871	71	9.817,99	8.082,54	1.678,52	9.761,06	56,93	»	
1872	71	9.149,21	8.000,00	1.458,41	9.458,41	»	309,20	
1873	71	10.292,06	8.588,36	1.916,61	10.504,97	»	212,91	
1874	71	10.749,21	8.738,62	2.231,85	10.970,47	»	221,26	
1875	71	12.298,41	9.092,06	3.160,18	12.252,24	46,17	»	
1876	71	12.268,78	8.903,70	3.271,16	12.174,86	93,92	»	

On voit que si la compagnie du chemin de fer Hollandais a retiré de son exploitation proprement dite des bénéfices fort satisfaisants, elle n'a pas autant à se louer des résultats obtenus sur les lignes de l'État.

L'État lui-même, en 1876, c'est-à-dire dans l'année la plus favorable, n'a perçu que 3.271f,16 pour des lignes qui ont coûté, non compris les intérêts pendant la construction ni le matériel roulant, 250.000 francs par kilomètre.

Ainsi, après 9 années d'exploitation, le rendement n'atteint pas même 1 et 1/3 p. 100 du capital, et encore l'État est-il obligé, comme on le verra plus tard, de pourvoir à toutes les dépenses d'agrandissement que peut exiger le développement du trafic.

CHEMIN DE FER NÉERLANDAIS-RHÉNAN.

Premières concessions. — L'origine du chemin de fer Néerlandais-Rhénan remonte, ainsi que nous l'avons dit plus haut, à l'année 1838, époque à laquelle le roi Guillaume Ier décréta la construction de la ligne d'Amsterdam à Utrecht et Arnhem. Toutefois, la société ne fut réellement constituée qu'en 1845, à la suite de l'arrêté royal du 20 mai 1845, qui concédait à MM. L. J. Enthoven et Cie, etc., l'exploitation de la ligne déjà construite d'Amsterdam à Arnhem, et, de plus, la construction et l'exploitation du prolongement de la ligne précédente jusqu'à la frontière prussienne dans la direction d'Emmerik, du raccordement à Amsterdam avec l'entrepôt Dock; enfin de l'embranchement d'Utrecht à Rotterdam par Gouda, avec raccordements au quai de la Meuse, d'une part, et à la station du chemin de fer Hollandais, d'autre part.

En réalité, l'arrêté du 20 mai 1845 est l'acte constitutif de la société du chemin de fer Néerlandais-Rhénan; les clauses principales de cet arrêté sont les suivantes :

Les projets des lignes à établir seront soumis à l'approbation du ministre, les travaux exécutés sous la surveillance du contrôle de l'État.

La durée de la concession est fixée à cinquante ans; mais, à cette époque, le gouvernement, pour rentrer en possession de la ligne, devra rembourser aux concessionnaires toutes les sommes dépensées en travaux de premier établissement. Si le gouvernement n'a pas fait connaître un an à l'avance son intention de reprendre la ligne, la concession se trouve prolongée de plein droit pour une nouvelle période de vingt-cinq ans, et ainsi de suite. La concession a donc une durée pour ainsi dire indéfinie, puisqu'elle ne peut cesser que moyennant le remboursement du capital par l'État, et encore l'État ne peut-il exercer ce droit de rachat

qu'à certaines époques bien déterminées. Nous avons trouvé une clause analogue dans les actes relatifs au chemin de fer Hollandais.

L'exploitation du réseau se fait sous le contrôle de l'État.

Tarifs. — Les clauses relatives à la perception des taxes sont assez confuses; elles sont rédigées comme suit :

« ARTICLE 20. — En ce qui concerne la fixation des prix « pour le transport des voyageurs et des marchandises, « les concessionnaires ont le droit d'appliquer ou de réduire « la proportion du tarif actuel du chemin d'Amsterdam à « Arnhem.

« Ils ne pourront jamais dépasser cette proportion dans « la fixation des prix de transport des voyageurs et des « marchandises, attendu que ladite proportion est consi- « dérée comme un maximum.

« De son côté, le gouvernement aura le droit, s'il le « juge nécessaire dans l'intérêt général du commerce et « de l'industrie, de prescrire une réduction sur le tarif « existant, par rapport aux marchandises.

« Cette diminution ne pourra jamais dépasser 25 p. 100 « du tarif actuellement existant, sans le consentement du « concessionnaire, à moins d'économies prouvées dans les « frais d'exploitation, et résultant d'améliorations techni- « ques; dans ce dernier cas, le gouvernement pourrait « réduire le tarif de plus de 25 p. 100 et en proportion « de ces économies.

« Dans le cas où les économies dont il vient d'être parlé « n'existeraient pas, et où le gouvernement voudrait néan- « moins, dans l'intérêt du commerce et de l'industrie, pres- « crire, au delà de la réduction de 25 p. 100 sur les tarifs « pour le transport des marchandises, une nouvelle dimi- « nution plus grande que celle que les concessionnaires « pourraient estimer compatible avec l'intérêt de leur ex- « ploitation, cette diminution pourrait faire l'objet de pour-

« parlers et de conventions amiables stipulant en cas de « besoin le payement d'une indemnité à fixer.

« Si des circonstances extraordinaires ou imprévues « exigeaient une augmentation temporaire du tarif au delà « de la proportion arrêtée, cette augmentation ne pourrait « être imposée sans l'approbation du gouvernement. »

Il semble que d'après cet article la détermination des tarifs de marchandises appartienne d'une manière à peu près exclusive au gouvernement. Dans la pratique, le gouvernement n'a jamais cherché à user du droit de réduction des taxes qu'il s'était réservé, et la compagnie a constamment déterminé ses tarifs de la manière qui lui paraissait convenir le plus à ses intérêts, tout en restant, bien entendu, dans les limites du maximum déterminé par l'acte de concession.

L'article 21 impose aux concessionnaires les mêmes obligations qu'aux autres entrepreneurs de transports publics pour ce qui concerne le service de la poste.

Le chemin de fer Néerlandais-Rhénan se trouvait ainsi à l'égard de la poste dans la même situation que le chemin Hollandais; mais en 1867, le chemin Rhénan, qui n'avait pas encore construit son raccordement à Rotterdam avec le chemin Hollandais, contracta l'engagement d'effectuer gratuitement les transports de la poste sur tout son réseau, et obtint ainsi d'être déchargé de l'obligation fort onéreuse de construire à Rotterdam un véritable chemin de fer de ceinture. Toutefois le gouvernement s'est réservé le droit de revenir aux conventions primitives; de son côté la compagnie pourra toujours, si elle le juge convenable, établir le raccordement en question, et, dans ce cas, elle ne sera plus tenue d'effectuer gratuitement les transports de la poste.

Les concessionnaires avaient un droit de préférence, à conditions égales, pour l'obtention d'une ligne d'Utrecht au réseau belge; mais cette ligne a été construite ultérieure-

ment par l'État, d'après la loi du 18 août 1860, et remise à la Société d'exploitation.

L'article 26 prévoit la construction ultérieure de chemins de fer en prolongement du réseau concédé ou se raccordant avec lui; les concessionnaires n'auront droit dans ce cas à aucune indemnité.

En cas de non-exécution de la convention, le concessionnaire encourra la déchéance. L'État reprendra immédiatement la ligne, et le concessionnaire n'aura droit qu'au remboursement du capital de premier établissement, réduit de 10 p. 100.

Telles sont les principales stipulations de la convention du 16 mai 1845. Le 3 juillet suivant, la société du chemin de fer Néerlandais-Rhénan était régulièrement constituée par acte passé devant notaire.

Le délai déterminé dans l'acte de concession, pour la construction de la ligne d'Arnhem à la frontière, ne devait courir qu'à dater du jour où les Pays-Bas et la Prusse se seraient mis d'accord au sujet de la jonction à établir entre les lignes des deux pays. Le traité relatif à cette affaire ne fut signé que le 18 juillet 1851 à Berlin. Par l'article 2 de ce traité nous voyons que le chemin de fer Néerlandais-Rhénan, comme le chemin de fer Hollandais, avait été construit tout d'abord avec un écartement de voie supérieur à celui qui a été adopté sur les autres lignes du continent. Cet article prescrit en effet que la voie du chemin de fer d'Amsterdam à Arnhem sera rétrécie et ramenée à la largeur de 1m,44, de telle sorte que le matériel roulant des deux administrations puisse circuler indifféremment sur l'une ou l'autre ligne.

Plus heureuse que le chemin Hollandais, la compagnie du chemin de fer Néerlandais-Rhénan obtint une subvention de 1 million de florins, soit 2.116.000 francs, à l'occasion du rétrécissement de sa voie.

Modifications résultant de la loi de 1859. — La loi de

1859 vint, comme pour le chemin Hollandais, imposer à la compagnie du chemin de fer Néerlandais-Rhénan certaines sujétions administratives, mais sans détruire les droits que la compagnie tenait de son cahier des charges. Nous avons vu comment était réglée la question des transports de la poste. Pour ce qui concerne les militaires, le chemin de fer Rhénan n'accorde aucune réduction sur celles de ses lignes qui sont comprises dans la concession de 1845.

Nouvelles concessions. — Le 27 novembre 1865, la compagnie du chemin de fer Néerlandais-Rhénan obtenait la concession d'une ligne d'Harmelen à Breukelen, destinée à établir une communication directe entre Amsterdam et Rotterdam, sans passer par Utrecht; mais cette concession resta sans effet jusqu'en 1867. Les 23-27 mai 1867, la compagnie conclut avec l'État une convention comprenant la concession d'un embranchement de Gouda à La Haye, et celle du raccordement ci-dessus indiqué d'Harmelen à Breukelen, à des conditions nouvelles, assez semblables d'ailleurs à celles que contient le cahier des charges de Scheveningen à Wœrden. Les lignes de Gouda à La Haye et d'Harmelen à Breukelen sont aujourd'hui toutes deux en exploitation.

Enfin, la ligne de Scheveningen à Wœrden par La Haye et Leyde, concédée au chemin de fer Hollandais, n'ayant pas été construite, le roi donna, une première fois en 1873, une deuxième fois le 4 juin 1875, la concession d'une ligne de Wœrden à Leyde seulement, à une compagnie spéciale. Cette ligne, appartenant à la société du chemin de fer de Leyde à Wœrden, est actuellement en construction, et elle sera exploitée par le chemin de fer Néerlandais-Rhénan, en vertu d'un traité remontant à l'année 1873.

Situation actuelle du chemin Néerlandais-Rhénan et résultats de l'exploitation. — En résumé, le réseau du chemin de fer Néerlandais-Rhénan se compose aujourd'hui des lignes ci-après :

	kilom.	
Amsterdam à Utrecht et Arnhem. .	111	
Rotterdam-Gouda-Utrecht.	53	
Gouda à La Haye.	29	
Harmelen à Breukelen.	9	
Leyde à Wœrden.	32	En construction, appartenant à la compagnie de Leyde à Wœrden.

Soit en tout : 234 kilomètres,

dont 202 en exploitation.

Les résultats de l'exploitation de ce réseau ont été les suivants :

Tableau des résultats kilométriques de l'exploitation du chemin de fer Néerlandais-Rhénan.

EXERCICES.	LONGUEUR moyenne exploitée.	RECETTES.	DÉPENSES.	RAPPORT des dépenses aux recettes.	DIVIDENDE.	OBSERVATIONS.
	kilom.	francs.	francs.	p. 100.	p. 100.	
1856-57	180	17.802,30	10.662,17	59,89	2,02	Les comptes du chemin de fer Néerlandais - Rhénan sont clôturés au 30 avril de chaque année. Dans la longueur moyenne exploitée est comprise une section de 16 kilomètres située sur le territoire prussien.
1857-58	180	22.126,75	12.207,67	55,17	2,08	
1858-59	180	22.678,94	9.537,91	42,05	3,66	
1859-60	180	23.509,16	9.407,51	40,02	4,51	
1860-61	180	26.309.20	10.106,86	38,42	4,70	
1861-62	180	28.982,28	11.139.25	38,44	5,33	
1862-63	180	30.844,02	12.055,55	39,08	5,58	
1863-64	180	34.158,23	13.035,19	38,16	6,67	
1864-65	180	40.745,87	14.188,77	34,82	8,81	
1865-66	180	44.785,45	16.515,11	36,87	9,66	
1866-67	180	41.702,85	16.334,74	39,17	7,81	
1867-68	180	45.707,99	17.820,63	38,99	8,43	
1868-69	180	48.446,27	17.870,84	36,89	8,73	
1869-70	186	49.448,34	17.967,69	36,33	8,69	
1870-71	213	47.704,63	18.563,05	38,91	7,81	
1871-72	218	49.901,61	18.192,22	36,45	8,37	
1872-73	218	52.414,68	19.289,09	36,80	8,79	
1873-74	218	54.512,20	21.863,66	40,10	8,33	
1874-75	218	53.531,05	21.650,68	40,45	7,98	
1875-76	218	55.487,58	21.774,14	39,45	8,55	

Le chemin Néerlandais-Rhénan, comme le chemin de fer Hollandais, a donné d'assez beaux produits à ses actionnaires. Il est vrai que les lignes d'Amsterdam et Rotterdam à Arnhem se prolongeant sur Cologne constituent des artères commerciales de premier ordre. Malheureusement

il n'en est pas de même pour les chemins de fer de l'État; ceux-ci, nous allons le voir, sont loin d'avoir donné des résultats comparables à ceux qu'ont obtenus les deux premières compagnies.

SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT.

Construction des lignes. — La loi du 18 août 1860 prescrivait l'établissement, pour le compte de l'État, des lignes ci-après :

Arnhem à Leeuwarden,
Harlingen à la frontière de Hanovre,
Groningue à Meppel,
Zutphen à la frontière allemande, par Enschedé, avec un ou deux embranchements,
Maëstricht à Breda,
Rosendaal à Flessingue,
Venlo à la frontière prussienne,
Utrecht à Boxtel,
Rotterdam à Breda,
Amsterdam au Nieuwe-Diep.

La construction des lignes votées fut immédiatement entreprise sous la direction d'une commission instituée par un arrêté royal du 24 août 1860.

Choix du mode d'exploitation. — La loi du 3 juillet 1863 décida que l'exploitation du réseau de l'État serait confiée à des entrepreneurs. Les conditions générales à imposer à ces entrepreneurs devaient être les suivantes : La durée de la concession serait fixée à cinquante ans, avec droit de rachat anticipé au bout de vingt, trente ou quarante années réservé à l'État; — les concessionnaires auraient à fournir le matériel roulant et à pourvoir à l'exploitation et à l'entretien des lignes, sauf toutefois pour les grands travaux d'art; — enfin, la loi du 21 août 1859 était déclarée applicable au réseau de l'État.

Origine de la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État. — Plusieurs sociétés se présentèrent pour obtenir des concessions, notamment la Banque du commerce et de l'industrie à Amsterdam, et la compagnie Néerlandaise de matériel de chemin de fer à La Haye. Ces deux dernières finirent par s'entendre entre elles. Leurs représentants, MM. Van Heukelom, Mendel, Poolman et Vrolik, signèrent, le 11 août 1863, avec M. Thorbecke, ministre de l'intérieur, l'acte intitulé : *Conditions de concession des chemins de fer de l'État.* La concession comprenait tous les chemins à construire en vertu de la loi du 18 août 1860, à l'exception de la ligne d'Amsterdam au Nieuwe-Diep, qui, ainsi que nous l'avons vu plus haut, fut donnée en 1865 à la compagnie du chemin de fer Hollandais, et de la section de quelques kilomètres seulement comprise entre Venlo et la frontière allemande. Cette dernière fut concédée au chemin de fer Rhénan-Prussien.

Les deux autres sociétés concessionnaires se réunirent, et, conformément à l'article 86 des conditions de concession, constituèrent la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État, dont les statuts ont été approuvés par arrêté royal en date du 7 septembre 1863.

Premières conditions de concession, 11 août 1863. — Les conditions de concession des chemins de fer de l'État, dressées conformément aux règles tracées par la loi du 3 juillet, étaient les suivantes :

L'État devait livrer la ligne complétement terminée, y compris la voie, les stations et toutes leurs dépendances.

La Société avait à sa charge la fourniture du matériel roulant et celle des objets mobiliers nécessaires à l'exploitation.

La Société devait assurer l'exploitation ; elle était chargée de l'entretien de la ligne ; seules, les réparations extraordinaires aux grands ouvrages d'art ou celles résultant de cas de force majeure, tels qu'inondations, ruptures de

digues, etc., devaient être supportées directement par l'État. L'État fixait les tarifs sur la proposition des concessionnaires. Toutefois, l'acte de concession déterminait un prix maximum, et, en vertu de la loi du 21 août 1859, l'État ne pouvait réduire les tarifs, qu'à la condition d'indemniser les concessionnaires en cas de perte de recette résultant de la réduction prescrite.

Les travaux d'agrandissement à exécuter après la mise en exploitation des lignes demeuraient à la charge de l'État.

La durée du traité était fixée à cinquante ans ; l'État se réservait néanmoins le droit de racheter la concession après vingt, trente ou quarante années d'exploitation, sur la base du revenu moyen des sept dernières années, déduction faite des deux plus mauvaises. La somme à payer à la compagnie était égale à vingt fois ce revenu moyen majoré de 15 p. 100 si la reprise avait lieu au bout de vingt ans, et de 10 p. 100 si elle ne s'effectuait qu'après trente années.

A l'expiration de la concession, l'État était tenu de reprendre le matériel de la compagnie et d'en payer la valeur déterminée à dire d'experts.

Les recettes brutes étaient partagées entre l'État et la Société de la manière suivante :

Dans le cas où la recette n'eût pas dépassé 3.000 florins (6.950 fr.) par kilomètre, elle appartenait en entier aux concessionnaires.

Pour une recette kilométrique brute, le concessionnaire prélevait :

	fl.		fl.		fr.		fr.	p. 100.
De	3.001	à	3.250,	soit	6.351,32	à	6.878,30	95
—	4.001	à	4.250,	soit	8.467,72	à	8.994,70	78
—	5.001	à	5.250,	soit	10.584,12	à	11.111,11	68
—	6.001	à	6.500,	soit	12,700,53	à	13.756,61	58
—	7.001	à	7.500,	soit	14.816,93	à	15.873,02	55
—	8.001	à	8.500,	soit	16.933,33	à	17.989,42	53
—	9.001	à	10.000,	soit	19.049,74	à	21.164,02	51

Au-dessus de 10.000 florins, soit 21.164fr,02 par kilo-

mètre, la part attribuée aux concessionnaires diminuait de 1 p. 100 par 1.000 florins, soit 2.116fr,40 d'augmentation de recette kilométrique. Enfin au delà de 28.000 florins, c'est-à-dire 59.259fr,26 par kilomètre, le concessionnaire ne prélevait plus que 35 p. 100 (*).

Une fois le prélèvement opéré, l'excédant de recettes était attribué pour 4/5 à l'État et pour 1/5 au concessionnaire.

Les recettes supplémentaires résultant de la location de buffets, de la vente d'herbages, etc., étaient comprises dans le compte des recettes brutes, tandis que les frais accessoires de chargement, de déchargement et de camionnage appartenaient en entier aux concessionnaires.

Pendant toute la durée de la concession, aucune taxe supplémentaire ne pouvait être établie sur le chemin de fer au profit de l'État, des provinces ou des communes.

Loi du 21 août 1859. — Indépendamment des prescriptions qui viennent d'être indiquées, l'exploitation du réseau de l'État devait se faire conformément aux dispositions de la loi du 21 août 1859; nous devons donc donner également l'analyse de ce document que nous avons déjà mentionné d'ailleurs, à l'occasion des chemins de fer Hollandais et Néerlandais-Rhénan.

LOI DU 21 AOUT 1859.

TITRE Ier. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Les concessionnaires d'un chemin de fer sont responsables de la bonne exécution des transports, conformément aux dispositions du Code de commerce.

(*) Nous ne donnons ici qu'un extrait de l'échelle de répartition qui est beaucoup plus étendue; elle ne comprend pas moins de 34 coefficients de prélèvement.

Ils sont tenus d'accorder à tout concessionnaire d'autres lignes le droit de se raccorder avec leur propre réseau, ainsi que l'usage de leurs gares et au besoin de la ligne elle-même, le tout moyennant payement d'une redevance convenable.

Les règlements d'exploitation doivent être soumis à la sanction ministérielle.

TITRE II. — DE LA SURVEILLANCE DES CHEMINS DE FER.

La surveillance générale des services de chemin de fer est exercée par un conseil nommé par le roi ; les agents chargés du service de la surveillance ont le droit de provoquer l'application des mesures qu'ils jugent nécessaires dans l'intérêt du service ; le ministre statue sur les propositions de cette sorte.

Dans le cas où la sécurité publique nécessiterait la suspension immédiate du service sur tout ou partie du réseau, l'ordre relatif à cette suspension peut être donné par un des fonctionnaires chargés du service de surveillance.

Le ministre détermine l'emplacement des stations et haltes, les heures de départ et d'arrivée, ainsi que la composition des trains ; il approuve les tarifs et peut en ordonner l'abaissement ; mais le concessionnaire a droit à une indemnité si la réduction prescrite fait descendre la recette nette au-dessous de 8 p. 100 du capital.

Les divers détails du service font l'objet d'un règlement d'administration intérieure.

TITRE III. — DES MESURES DE PRÉCAUTION A PRENDRE ET DE LA CIRCULATION SUR LES CHEMINS DE FER.

Les chemins de fer doivent être clôturés dans toute leur étendue ; toutefois les propriétaires de terrains séparés en deux parties par un chemin de fer ont droit de traversée sur la ligne.

On ne peut faire de constructions ou de déblais, ni établir de toitures en chaume ou aucun dépôt de matières inflammables, qu'à une distance du chemin de fer déterminée pour chaque cas particulier.

Il est interdit de mettre obstacle à la circulation sur le chemin de fer, d'y circuler à pied ou en voiture, et d'y introduire des animaux.

TITRE IV. — DE L'USAGE A FAIRE DES CHEMINS DE FER DANS L'INTÉRÊT DE L'ÉTAT.

Les transports de troupes et de matériel militaire se feront à moitié prix ; cette disposition ne s'applique ni aux officiers voyageant isolément, ni aux corps dépendant de la marine.

Les transports d'agents de police, gendarmes et détenus se feront gratuitement, de même que le service de la poste.

Toute ligne qui aura été exploitée pendant vingt années peut être rachetée par le gouvernement aux conditions suivantes :

On évalue le produit moyen annuel d'après les résultats des sept dernières années, déduction faite des deux les plus défavorables ; le concessionnaire reçoit une somme égale à vingt fois ce produit moyen augmenté de 15 p. 100 à titre de prime.

Le gouvernement peut requérir à toute époque, moyennant indemnité, l'usage partiel ou même total d'un chemin de fer.

TITRE V. — DISPOSITIONS PÉNALES.

Le titre V de la loi du 21 août 1859 édicte une série de dispositions pénales :

1° Contre les directeurs de chemin de fer qui n'observeraient pas les clauses de l'acte de concession ou celles de la loi précitée ;

2° Contre les agents et le public en cas de contravention aux règlements en vigueur.

DISPOSITIONS TRANSITOIRES.

Les prescriptions de la présente loi sont applicables aux chemins de fer déjà existants ; toutefois certains articles, pouvant entraîner pour les concessionnaires des charges non prévues dans les contrats primitifs, ne seront appliqués qu'en vertu d'une déclaration expresse du roi, et dans ce cas, lesdits concessionnaires recevront une indemnité.

DISPOSITIONS FINALES.

Les agents de police dans l'exercice de leurs fonctions ont accès sur le chemin de fer et ses dépendances.

Les agents des concessionnaires pourront être assermentés, dans le but d'opérer la constatation des délits.

Telles étaient les conditions principales auxquelles fut soumise la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État à son origine ; nous verrons tout à l'heure quels ont été les résultats de l'application du contrat.

La première section du réseau de l'État, celle de Tilbourg à Breda, fut livrée à l'exploitation le 5 octobre 1863.

Extension de la Société d'exploitation. — La Société d'exploitation ne crut pas devoir se renfermer exclusivement dans les limites de son acte de concession, et, dans le but de développer le trafic du réseau de l'État, elle chercha des extensions vers la Belgique et l'Allemagne.

Lignes exploitées en Belgique. — Deux conventions, passées les 27 et 28 mars 1864 avec la Société du chemin de fer Liégeois-Limbourgeois, donnèrent à la compagnie Néerlandaise accès dans le bassin de Liége.

Aux termes du traité du 27 mars, la Société prenait à bail, moyennant le payement d'une redevance annuelle déterminée à forfait, l'exploitation de la ligne d'Hasselt à Eindhoven ; la convention du 28 mars assurait à la Société le droit d'exploitation du réseau Liégeois-Limbourgeois proprement dit, lequel comprenait une ligne partant d'Hasselt et aboutissant à Liége, à Ans, station du réseau de l'État Belge sur la ligne de Liége à Bruxelles, et enfin à Flemalle, station de la ligne de Liége à Namur et à Givet, appartenant à la compagnie du Nord-Belge.

Le traité était également à forfait.

Négociations avec la compagnie de l'Est. — Nous rappellerons ici qu'en 1868 et 1869 la Société d'exploitation n'ayant pas retiré du réseau Liégeois-Limbourgeois les avantages qu'elle en attendait, entra en pourparlers avec la compagnie de l'Est, à laquelle elle offrit de céder l'exploitation dudit réseau. La compagnie de l'Est acceptait cette obligation, mais obtenait, par contre, droit de circulation et de tarification sur le réseau de l'État jusqu'à Rotterdam, ce qui lui assurait, d'une manière à peu près certaine, le trafic de transit considérable qui s'échange entre la Hollande et la Suisse. A la même époque, la compagnie de l'Est traitait avec la compagnie du Grand-Luxembourg Belge pour le rachat de la ligne de Bruxelles à Arlon et embranchements. Les négociations étaient sur le point d'aboutir aussi bien avec le Luxembourg qu'avec la société Hollandaise, lorsque le gouvernement belge, informé de l'affaire, s'en émut, vit des agissements politiques du gouvernement français là où des intérêts commerciaux seuls étaient en jeu, et avant même d'avoir éclairci la situation, fit voter d'urgence une loi interdisant toute cession de chemin de fer directe ou indirecte, et sous quelque forme que ce fût.

Dès ce moment les négociations n'avaient plus aucune chance d'aboutir ; le gouvernement belge s'était trop

avancé pour pouvoir revenir sur sa décision; la diplomatie intervint, et au bout de six mois le conflit franco-belge se terminait par la conclusion d'un traité entre l'État Belge et la compagnie de l'Est, traité dont les événements de 1870 ont jusqu'à présent rendu l'application impossible. Quant au réseau Liégeois-Limbourgeois, il dut rester à la charge de la société Néerlandaise qui l'exploite encore aujourd'hui.

Lignes exploitées en Allemagne. — Du côté de l'Allemagne, la société Néerlandaise prit à bail, en 1864, l'exploitation d'un chemin d'Almelo à Salzberg qui, venant se greffer sur la ligne d'Arnhem à Zutphen, établissait une communication très-directe entre les Pays-Bas d'une part, le Hanovre et l'Allemagne du Nord d'autre part. Le traité en date des 4-11 juin 1864 est à forfait; il est conclu pour toute la durée de la concession.

Difficultés financières. — Les débuts de la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État ne furent pas prospères. Le dividende qui, la première année, ne représentait que 1,10 p. 100 du capital et avait à peine atteint 3,70 p. 100 la deuxième année, c'est-à-dire en 1865, fut complétement nul en 1866; la Société dut invoquer le secours de l'État.

La première moitié du capital social avait seule été émise. Ce mode de procéder était rationnel: on ne voulait réunir les capitaux qu'au moment où l'on pourrait en faire l'emploi auquel ils étaient destinés. Malheureusement les mauvais résultats obtenus rendaient impossible le placement du surplus des titres, et pourtant de nouvelles lignes allaient s'ouvrir, à l'exploitation desquelles il fallait pourvoir.

La situation difficile de la Société provenait en grande partie des charges que lui imposaient les traités d'exploitation des lignes d'Almelo-Salzberg et du Liégeois-Limbourgeois; d'un autre côté, ces traités procuraient au réseau national un accroissement de trafic et de recette brute dont

l'État bénéficiait sans avoir aucun risque à courir. Dans ces conditions, il était juste que le gouvernement vînt en aide à la Société dans une certaine mesure, et ce fut effectivement ce qui eut lieu.

Une loi votée le 29 décembre 1866 autorisa le ministre des finances à faire à la Société une avance de 2.500.000 florins, représentant 65 p. 100 de la valeur du matériel roulant.

L'année 1867 ne donna pas de résultats meilleurs que les précédentes : le dividende fut nul encore, et à la fin de l'année le gouvernement, craignant de voir la Société tomber en faillite, se fit ouvrir, par la loi du 20 décembre 1867, un crédit éventuel de 650.000 florins destiné à lui permettre de reprendre, au besoin, l'exploitation du réseau.

Cependant les appréhensions dont nous venons de parler ne se réalisèrent pas ; la Société put subsister, bien qu'en 1868 il n'y eût encore aucun dividende distribué, cela faisait trois années de suite. En 1869, les affaires prirent une meilleure tournure : le dividende fut de 4 1/2 p. 100 ; la deuxième moitié du capital put être émise dans des conditions convenables, et la situation de la Société se trouva considérablement améliorée. Les trois années suivantes donnèrent encore de bons résultats : 5 1/2 p. 100 de dividende en moyenne, et la dette contractée envers l'État, en vertu de la loi du 29 décembre 1866, remboursée ; mais, en 1873, les inconvénients de l'acte de concession commencèrent à se faire sentir : le dividende ne s'éleva plus qu'à 4 1/4 p. 100 ; il fut complétement nul en 1874.

Inconvénients de l'échelle adoptée pour le partage des recettes. —Nous avons vu que la part proportionnelle de recette brute attribuée à la Société diminuait au fur et à mesure de l'accroissement de ladite recette brute. Malheureusement, on n'avait pas suffisamment tenu compte des accroissements de dépenses correspondant aux augmentations de recettes,

et, en réalité, ces dernières profitaient uniquement à l'État, tandis que les charges de la Société augmentaient. Ainsi, en 1873, les recettes brutes, non compris les résultats de l'exploitation du Liégeois-Limbourgeois, étaient de. 5.058.000 florins
En 1874, elles atteignaient. . . . . . 5.385.000 —

Augmentation pour 1874.. . . . . 327.000 florins

Les parts revenant à l'État et à la compagnie d'Almelo-Salzberg furent en 1873 de. . . . . . . 1.485.000 florins
en 1874 de. . . . . 1.777.000 —

Augmentation en 1874. . . . . . 292.000 florins

La part de la compagnie d'Almelo-Salzberg fut la même chaque année (100.000 florins), de sorte que sur une augmentation de recette de 327.000 florins, 292.000 revenaient à l'État et 35.000 seulement à la Société.

Par contre, les frais d'exploitation qui, en 1873, étaient de. . . . . 2.376.000 fl.
s'élevaient, en 1874, à. 2.646.000
Soit une augmentation de dépense de. 270.000
pour une augmentation de recette de. 35.000
Le résultat définitif pour la Société était une perte de recette nette, s'élevant à. . . . . 235.000 fl.
tandis que la part de l'État s'était accrue, comme nous l'avons dit, de 292.000 florins.

La Société n'avait donc aucun intérêt à développer le trafic de ses lignes; elle devait chercher au contraire à le restreindre autant que possible, puisque toute augmentation de recette entraînait pour elle un accroissement de dépenses sans compensation.

Conclusion d'une nouvelle convention. — Cette situation était évidemment fausse et ne pouvait se prolonger; d'un autre côté, le gouvernement entreprenait la construction de nouveaux chemins dont il était nécessaire d'assurer l'ex-

ploitation : lignes d'Arnhem à Nimègue et de Zevenbergen à Zwaluwe, votées le 21 mai 1873; d'Almelo à Zwolle, de Dordrecht à Elst, etc., comprises dans la loi du 10 novembre 1875. Dans ces conditions, l'acte de 1863 fut revisé d'un commun accord entre l'État et la Société et remplacé par la convention des 24-25 mai 1876, dont les dispositions principales sont les suivantes :

CONVENTION DES 24-25 MAI 1876.

TITRE Ier. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

La Société se charge de l'exploitation des lignes indiquées au contrat, construites par l'État en vertu des lois des 18 août 1860, 21 mai 1873 et 10 novembre 1875. Elle exploite également la ligne d'Almelo-Salzberg et le réseau Liégeois-Limbourgeois, conformément aux traités passés à cet effet; enfin, elle s'engage pour l'avenir à se charger de toutes les lignes que l'État voudrait lui imposer, soit qu'il les ait construites lui-même, soit qu'il les ait rachetées à leurs concessionnaires primitifs (*).

L'État doit livrer à la Société les lignes prêtes à être mises en exploitation ; la compagnie doit fournir simplement le matériel roulant et les objets mobiliers nécessaires; la compagnie se charge également de l'entretien des lignes, à l'exception des grands ouvrages d'art, qui restent à la charge de l'État, ainsi que les travaux de réparations à exécuter par suite de force majeure, telle que guerre, inondation, rupture de digues, etc.

(*) La Société exploite également, aux termes d'un traité en date des 26 août et 14 septembre 1875, une section de 3 kilomètres sur territoire allemand, depuis la frontière jusqu'à Gronau.

TITRE II. — DU MATÉRIEL ET DE L'EXPLOITATION.

Le matériel doit être construit de manière à pouvoir circuler sur les autres lignes du réseau européen ; le nombre total des trains doit s'élever au minimum à quatre par jour dans chaque sens, ou du moins le nombre de kilomètres parcourus chaque jour par les trains doit être égal à huit fois la longueur du réseau ; mais la circulation peut être plus fréquente sur certaines sections que sur d'autres moins productives.

TITRE III. — DES TARIFS ET DU TRANSPORT.

Les conditions de transport sont arrêtées et peuvent être modifiées par le ministre. Le ministre détermine le maximum des taxes à appliquer tant pour le transport proprement dit que pour les frais accessoires de chargement, de déchargement, etc.... Les tarifs doivent être soumis au ministre, qui constate que le maximum prévu n'est pas dépassé. Dans le cas où, dans les quinze jours qui suivent la présentation d'un tarif, le ministre n'aurait pas statué, le tarif pourrait être appliqué d'office à titre provisoire. Enfin, il est stipulé que les matériaux nécessaires à l'exécution des travaux à effectuer sur le chemin de fer aux frais de l'État, sont transportés à raison de 0fl,009, soit 0fr,019 par tonne et kilomètre.

D'après la convention de 1863, les transports de cette nature devaient se faire gratuitement.

TITRE IV. — DES TRAVAUX A EXÉCUTER PAR L'ÉTAT APRÈS LA MISE EN EXPLOITATION DU CHEMIN DE FER.

Les travaux d'agrandissement de gares nécessités par l'extension du trafic seront exécutés par la compagnie pour le compte de l'État, dès que le ministre en aura reconnu

la nécessité; il en sera de même pour la pose éventuelle de la seconde voie sur certaines sections.

TITRE V. — COMMENCEMENT, DURÉE ET FIN DE LA CONCESSION.

La concession est faite pour une période de cinquante années, finissant le 31 décembre 1917. L'État a droit de racheter la concession au bout de vingt, trente ou quarante années d'exploitation; les conditions du rachat anticipé, de même que les obligations de l'État à l'expiration de la concession, sont définies dans le titre suivant.

Dans le cas où la compagnie négligerait d'entretenir la ligne, ou viendrait à manquer à l'observation du contrat, elle encourrait la déchéance, et, dans ce cas, l'État aurait le droit de s'approprier le matériel, en payant à la compagnie 65 p. 100 de la valeur dudit matériel, déterminée à dire d'experts.

TITRE VI. — DISPOSITIONS FINANCIÈRES.

La compagnie doit rendre compte à l'État des produits de la ligne; les recettes brutes comprennent toutes les sommes perçues à un titre quelconque à l'occasion de l'exploitation.

Sur les recettes brutes, on prélève :

500 florins, soit 1.058fr,20 par kilomètre de voie simple, 1.000 florins ou 2.116fr,40 par kilomètre de voie double, pour former un fonds destiné à couvrir les dépenses de réfection des voies. 80 p. 100 de l'excédant sont attribués à la compagnie. La compagnie a droit en outre, pour les lignes nouvellement livrées à la circulation, à une somme de 600 florins par kilomètre pendant les quatre premières années, et 300 florins pendant les quatre années suivantes. L'excédant de recette brute, après déduction des prélèvements indiqués ci-dessus, appartient à l'État. Toutefois, si

la part de la compagnie, augmentée desdits prélèvements, n'atteint pas 4.800 florins (10.158fr,75) par kilomètre, les recettes brutes totales lui sont attribuées intégralement jusqu'à concurrence de ce chiffre.

Indépendamment du fonds de réserve constitué en vue de la réfection des voies, la compagnie doit mettre de côté :

1° 100 florins, soit 211fr,64 par kilomètre, pour couvrir les dépenses occasionnées par les incendies ou accidents;

2° 4 p. 100 de la recette brute, pour le renouvellement des machines, voitures et wagons.

Si le bénéfice net de la compagnie dépasse 4 1/2 p. 100 du capital, le surplus est partagé par moitié entre l'État et la compagnie, jusqu'à ce que ce bénéfice net atteigne 5 p. 100; l'excédant est ensuite attribué pour les 4/5 à l'État, et pour 1/5 à la compagnie.

Pour déterminer le montant du bénéfice net on déduit du total des recettes attribuées à la compagnie les frais d'entretien et d'exploitation, le montant des prélèvements pour la constitution des divers fonds de réserve et de la caisse de secours, les redevances payées aux autres compagnies pour usage de gares communes ou emploi du matériel roulant, enfin les sommes nécessaires pour le service de l'intérêt et de l'amortissement des emprunts contractés.

En cas de rachat de la concession, le matériel appartenant à la compagnie est réparti entre les diverses lignes qu'elle exploite au prorata de la longueur de chacune d'elles; la portion afférente au réseau de l'État devient la propriété de ce dernier.

Les approvisionnements, le matériel fixe sont également répartis ; la part correspondante aux lignes étrangères au réseau de l'État est remboursée à la compagnie.

Le gouvernement paye à la compagnie :

1° Le montant des sommes versées sur le capital-actions,

en tant que ces sommes ont été réellement dépensées et ne sont pas encore amorties ;

2° La somme nécessaire pour assurer le remboursement des emprunts non encore amortis ;

3° Enfin, une somme égale à vingt fois le montant moyen des revenus payés aux actionnaires pendant les sept dernières années, déduction faite de l'intérêt à 5 p. 100 de leurs titres.

TITRE VII. — DES FONDS DE RENOUVELLEMENT ET DE RÉSERVE.

Le montant des retenues opérées pour constituer les fonds de renouvellement et de réserve est versé dans les caisses de l'État et produit intérêt. Dès que l'un de ces fonds atteint 1.000 florins par kilomètre exploité, les intérêts sont versés à la Société.

TITRE VIII. — STIPULATIONS DIVERSES.

Il est loisible à toute personne d'établir dans le voisinage des stations et le long du chemin de fer des magasins ou entrepôts munis de grues ou autres appareils pour le chargement et le déchargement des marchandises.

La compagnie fait surveiller par ses agents l'état des lignes télégraphiques ; elle est tenue au transport gratuit de la poste.

Pendant toute la durée de la concession, le chemin de fer est exempté de tout droit de péage au profit de l'État, des provinces ou des communes.

Le gouvernement se réserve le droit d'accorder de nouvelles concessions de routes, canaux ou chemins de fer, et de modifier les droits de douane.

La compagnie est tenue de publier mensuellement les résultats de son exploitation ; elle doit avoir son siége dans les Pays-Bas, et son conseil d'administration doit être composé de Hollandais pour les deux tiers au minimum.

Cette convention, bien que datée des 24-25 mai 187 seulement, était applicable aux résultats de l'exercice 187 complet.

De plus la Société était soumise à la loi du 9 avril 187 sur le service et l'usage des chemins de fer ; cette loi, qu a remplacé celle du 21 août 1859, ne diffère de cette der nière que par un petit nombre de dispositions supplémen taires, dont les principales sont les suivantes :

Les entrepreneurs d'un service de chemin de fer n peuvent limiter leur responsabilité qu'en se conforman aux règles fixées par les arrêtés royaux.

Tout changement apporté dans les tarifs doit être port à la connaissance du public par voie d'affichage, a moins un mois à l'avance.

La perception des taxes doit se faire sans aucune faveur; il est interdit de faire avec un expéditeur une convention stipulant une réduction de tarif personnelle audit expéditeur, sauf dans les cas ci-après : transports importants, traités d'abonnement pour la charge d'un ou plusieurs wagons.

Le ministre a le droit de désigner les stations qui doivent trafiquer directement entre elles pour les voyageurs et les marchandises, et cela dans toute l'étendue du pays.

La loi du 9 avril 1875 et la convention des 24-25 mai 1876 forment aujourd'hui la base du système d'exploitation des chemins de fer de l'État dans les Pays-Bas. Quels seront les résultats de ce nouveau régime? Il est difficile de se faire, dès maintenant, une opinion à ce sujet.

Conséquences probables de la nouvelle convention. — Dans la pensée des administrateurs de la Société d'exploitation, la convention des 24-25 mai 1876 assurera l'existence de leur entreprise; mais ils ne se dissimulent pas que l'exécution du contrat donnera encore lieu à bien des difficultés avec l'État. Les clauses relatives aux travaux neufs, par exemple, sont grosses de discussions, et ont déjà soulevé

des contestations assez sérieuses. Il en sera de même de l'article 10 de la convention qui laisse à la charge de l'État les travaux d'entretien extraordinaires provenant de cas de force majeure. Certaines lignes sont en effet exposées à des inondations périodiques. L'État prétend que cette périodicité du fléau ne permet pas de considérer comme exceptionnels les dommages qui en résultent; la Société soutient de son côté que, vu précisément la périodicité des inondations, l'État devait construire la ligne dans des conditions de solidité toutes particulières, et que s'il ne l'a pas fait, c'est à lui d'en supporter les conséquences.

Les clauses relatives aux tarifs sont très-vagues. D'après l'article 21 de la convention des 24-25 mai 1876, le ministre détermine le maximum des taxes à percevoir; le titre III de la loi du 9 avril 1875 dit que les tarifs sont soumis à l'approbation du roi, qui peut en tout temps en ordonner l'abaissement; mais, s'il résulte de la réduction imposée une perte de recette ponr la compagnie, celle-ci a droit à une indemnité. Si nous revenons à la convention de mai 1876, nous trouvons, à l'article 22, que la compagnie doit soumettre tous ses projets de tarifs à l'approbation du ministre, lequel *s'assure que le prix maximum n'est pas dépassé*, mais que, si dans les quinze jours de la présentation du nouveau tarif le ministre n'a pas statué, la compagnie a le droit d'appliquer provisoirement le tarif, à la seule condition d'observer les délais d'affichage. Cet article atténue singulièrement les droits du ministre en fait d'approbation des tarifs, et il est bien à craindre qu'il ne se produise encore sur cette question des difficultés entre la compagnie et l'État.

Quoi qu'il en soit, l'année 1876 a donné aux actionnaires de la Société un dividende de 12fl,93, soit 5,17 p. 100 du capital, résultat qui n'avait pas été atteint depuis 1872. En tout état de cause, l'attribution de 80 p. 100 de la recette brute avec minimum de 4.800 florins par kilomètre assure

à la compagnie le remboursement de ses dépenses annuelles et laisse même un certain bénéfice, de sorte que si la Société ne fait jamais d'affaires très-brillantes, elle est tout au moins assurée de vivre. Nous remarquons également qu'avec la nouvelle convention, la Société exploitante est tout aussi intéressée que l'État à la progression des recettes.

L'inconvénient que nous avons signalé plus haut a donc complétement disparu, et l'on peut dire que la situation des actionnaires a été considérablement améliorée par la nouvelle convention.

Résultats obtenus par l'État. — Jusqu'à présent nous n'avons parlé que des résultats obtenus par la Société d'exploitation ; disons, pour terminer ce sujet, que l'ensemble des dividendes touchés pendant douze ans ne représente pas en moyenne 3 p. 100 par année, ce qui est loin des 6, 7 et 8 p. 100 obtenus sur le chemin Hollandais et sur le Néerlandais-Rhénan.

Il nous reste à examiner maintenant quelle a été la situation de l'État et quels avantages il a retirés de l'exploitation de son réseau.

Dépenses de construction. — Nous donnerons tout d'abord le compte de construction ; le tableau ci-après, conforme aux documents présentés aux Chambres néerlandaises, fait connaître, pour chaque ligne, le montant des dépenses de premier établissement arrêté au 1er janvier 1876.

Tableau des frais de construction des chemins de fer de l'État.

DÉSIGNATION des lignes.	LONGUEUR.	DÉPENSE totale.	DÉPENSE par kilomètre.	OBSERVA-TIONS.
	kilom.	francs.	francs.	
Arnhem-Leeuwarden.	169	36.186.131,79	214.119,12	
Harlingen à la frontre prussienne.	127	23.144.388,00	182.239,28	
Meppel-Groningue.	77	8.010.195,62	104.028,52	
Zutphen à la frontre prussienne. .	58	10.267.604,67	177.027,66	
Maëstricht-Breda.	180	27.409.100,78	152.272,78	
Rosendaal-Flessingue.	76	23.360.164,04	307.370,58	(1)
Venlo à la frontre prussienne. . . .	3	914.559,87	304.853,29	
Utrecht-Boxtel.	60	42.267.612,46	704.460,21	(2)
Breda-Moerdyck.	18	3.448.237,37	191.568,74	
Zwaluwe-Willelmsdorp.	6	14.109.133,41	2.351.522,35	(3)
Willelmsdorp-Dordrecht.	10	4.208.222,50	420.822,25	
Helder-Amsterdam.	72	17.806.104,29	247.307,60	
Totaux et moyennes. . . .	856	211.131.454,90	246.648,90	

(1) Barrage de l'Escaut.
(2) Trois grands ponts sur la Meuse, le Vahal et le Leck.
(3) Pont de Moerdyck.

Aux chiffres ci-dessus viendront s'ajouter ultérieurement les dépenses de la section de Dordrecht à Rotterdam, et celles de la traversée de Rotterdam.

L'ensemble de ces dépenses atteindra 50 millions environ, et le prix du kilomètre pour le réseau de l'État sera de 300.000 francs en moyenne.

Il importe d'observer :

1° Que, sauf la traversée de Rotterdam, le pont de Kuilenbourg et les fondations des ponts de Bommel et de Crèvecœur, le réseau tout entier n'est construit qu'à une voie;

2° Que les fonds nécessaires à la construction des lignes ayant été fournis par le Trésor public, il n'a rien été compté pour intérêts pendant la construction, et que si les fonds avaient été fournis par une compagnie ou à l'aide d'emprunts, il faudrait ajouter au chiffre indiqué ci-dessus au moins 30 p. 100, soit par kilomètre 90.000 francs.

Appliqué à un réseau dont la construction a exigé plus de dix années, ce coefficient de 30 p. 100 n'est certainement pas exagéré.

Le prix de revient du kilomètre est donc en réalité de 400.000 francs environ, sans matériel roulant, cette dernière dépense qui s'est élevée à 33.000 francs par kilomètre ayant été supportée par la Société d'exploitation.

Produit de l'exploitation. — Examinons maintenant les recettes réalisées. Le tableau ci-après fait connaître les résultats kilométriques de l'exploitation tant pour la Société que pour l'État ; les sommes perçues par ce dernier figurent parmi les dépenses à la charge de la Société, sous la rubrique : *Redevances payées à l'État.*

Tableau des résultats kilométriques de l'exploitation des chemins de fer de l'État Néerlandais.

Lignes exploitées par la Société d'exploitation.

ANNÉES.	RECETTES.	DÉPENSES.				RÉSULTATS pour la Société d'exploitation.	
		Dépenses d'exploitation proprement dite.	Redevance payée à l'État.	Dépenses diverses (1).	Dépense totale.	Bénéfice.	Déficit.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
1864	6.856,21	7.687,96	302,92	0,02	7.990,90	»	1.134,69
1865	9.594,50	7.431,00	913,13	320,97	8.665,10	929,40	»
1866	7.993,92	6.663,89	291,58	1.156,57	8.112,04	»	118,12
1867	8.325,63	6.286,69	712,04	1.382,14	8.380,87	»	55,24
1868	8.680.10	5.029,88	780,85	1.316,35	7.127,08	1.553,02	»
1869	8.985,37	5.121,29	1.099,74	1.289,99	7.511,02	1.474,35	»
1870	9.571,61	5.239,58	1.269,29	1.322,05	7.830,92	1.740,70	»
1871	11.073,99	5.717,90	1.800,46	1.342,19	8.860,55	2.213,44	»
1872	11,706,22	5.968,65	2.120,29	1.364,35	9.453,29	2.252,93	»
1873	12.896,04	6.791,64	2.964,97	1.265,14	11.021,75	1.874,29	»
1874	13.450,14	7.451,45	3.573,20	1.332,49	12.357,14	1.093,00	»
1875	14.621,65	7.019,77	4.057,73	1.396,68	12.474,18	2.147,47	»

(1) Redevances pour gares communes, etc....

En 1875, c'est-à-dire dans l'année la plus favorable, l'État n'a réalisé qu'une recette de 4.057fr,73 par kilomètre, ce qui pour un capital de 400.000 francs représente 1 p. 100 d'intérêt. Nous devons ajouter cependant que dans cette même année 1875, l'État a retiré de son réseau, en

dehors du revenu immédiat de l'exploitation, les produits accessoires ci-après :

	fr. c.
Impositions foncières (*)	24.426,43
Patentes	45.393,88
Droits de timbre sur les titres	2.196,70
Droits de douane sur les combustibles	10.582,01
Ensemble	82.599,02
Auxquels il convient d'ajouter comme venant en déduction des dépenses de l'État :	
Économies réalisées sur les transports de la poste	1.406.288,50
— — militaires	47.599,58
— — des prisonniers	20.095,76
— — des agents du fisc	724,07
Total des économies	1.474.707,91
Impôts perçus	82.599,02
Total général des produits accessoires	1.557.306,93

ce qui représente 1.820 francs par kilomètres.

Le produit total du réseau de l'État Néerlandais, pendant l'année la plus favorable, n'a donc pas dépassé 5.900 francs par kilomètre, soit moins de 1 1/2 p. 100 du capital représentant la valeur réelle des dépenses faites. Si l'on veut n'évaluer les lignes qu'à 300.000 francs le kilomètre, c'est-à-dire sans tenir compte des intérêts pendant la construction, on trouve que le produit atteint 1f,97 p. 100, pas tout à fait 2 p. 100.

Résultats obtenus par l'État français sur le réseau de l'Est. — Pendant cette même année 1875, la compagnie des chemins de fer de l'Est rapportait à l'État français :

	fr. c.		fr. c.
En impôts directement perçus :	17.552.096,54	soit par kil.	7.807,87
En économies réalisées :	8.145.881,67	—	3.623,61
En tout	25.697.978,21	—	11.431,48

(*) Les dispositions de l'acte de concession qui exemptent la Société de tout impôt (art. 64) ne concernent que le transport.

D'après les derniers renseignements officiels publiés par le ministère des travaux publics, l'État a dépensé sur le réseau de l'Est, tant en travaux exécutés en vertu de la loi de 1842 qu'en subventions à diverses lignes, 133.796.000 francs (*).

L'État a donc retiré en 1875 du capital engagé par lui dans le réseau de l'Est :

En impôts directement perçus.	13	p. 100
En économies réalisées. . . .	6	—
Soit en tout. . . .	19	—

On objectera peut-être que, dans cette même année 1875, l'État a dû verser à la compagnie de l'Est près de 8.000.000 de francs comme garantie d'intérêts; admettons pour un instant que ce payement constitue en réalité une dépense pour l'État, il nous reste encore au profit de celui-ci :

	fr.				
En argent réellement perçu :	9.552.096,54	soit 7	p.	100	du capital.
En économies réalisées : . .	8.145.881,67	— 6		—	—
En tout. . . .	17.697.978,21	— 13		—	—

Mais il ne faut pas perdre de vue que les sommes payées par l'État à la compagnie pour la garantie devront être remboursées avec leurs intérêts dès que le produit du réseau dépassera un certain chiffre, et que dans le cas où, à l'expiration de la concession, ce remboursement n'aurait pas été effectué, l'État deviendrait propriétaire du matériel roulant jusqu'à concurrence du montant de sa créance.

Ainsi en 1875 l'État français a retiré 19 p. 100 du capital engagé par lui dans la construction du réseau de l'Est, soit

(*) Documents relatifs à la construction et à l'exploitation des chemins de fer, publiés par les soins du bureau de la statistique, au ministère des travaux publics, année 1874.

près de dix fois le produit obtenu par l'État Néerlandais sur ses lignes.

Nous ajouterons que les recettes effectuées par l'État Français sur les chemins de fer sont exemptes de toutes charges, tandis que dans les Pays-Bas le trésor doit encore, avec le faible produit que lui donnent ses lignes, faire face à toutes les dépenses complémentaires de premier établissement.

Enfin ces résultats si peu importants ont été obtenus par l'État Néerlandais sous le régime de la convention de 1863, et nous avons vu que cette convention avait dû être revisée au profit de la Société d'exploitation. La part de l'État sera donc encore plus réduite dans l'avenir que par le passé, et effectivement, en 1876, la redevance kilométrique, qui en 1875 était de 4.057fr,73, est tombée à 2.423fr,60, bien que la recette brute se soit élevée de 14.621fr,65 à 15.658fr,55.

Ainsi, jusqu'à présent, les Pays-Bas n'ont retiré, et, suivant toute probabilité pendant bien des années encore, ne retireront de leur réseau national qu'un produit fort médiocre et en dehors de toute proportion avec les dépenses énormes qu'a nécessitées l'établissement dudit réseau. En France, au contraire, l'État perçoit chaque année des sommes considérables, et réalise en outre des économies fort importantes, relativement aux sacrifices faits par lui pour la construction des chemins de fer.

A la fin de cette Étude, nous reviendrons sur les résultats obtenus dans les deux pays ; il nous reste à examiner rapidement les quelques compagnies qui existent dans les Pays-Bas, en dehors des chemins Hollandais et Néerlandais-Rhénan et du réseau de l'État.

COMPAGNIES DIVERSES.

Relevé des concessions accordées. — Nous joignons à cette Étude deux tableaux : le premier est un relevé général, par ordre de dates, des différentes concessions successivement accordées ; le simple examen de ce tableau montre qu'un grand nombre de concessions sont restées sans résultats, au moins à l'origine ; nous n'en parlerons donc pas. Le second tableau indique la situation actuelle. Indépendamment du réseau de l'État, des compagnies du chemin de fer Hollandais et du Néerlandais-Rhénan, il existe encore dans les Pays-Bas, tant en exploitation qu'en construction, 721 kilomètres de chemins de fer appartenant à diverses compagnies.

Nous dirons successivement un mot de chacune d'elles.

GRAND-CENTRAL BELGE.

La plus ancienne des compagnies secondaires établies dans les Pays-Bas est la société du chemin de fer Grand-Central Belge, dont le siége est à Bruxelles, société formée par la réunion des compagnies d'Anvers à Rotterdam, de l'Entre-Sambre-et-Meuse, de l'Est Belge, etc.

En 1852, la compagnie d'Anvers à Rotterdam obtint la concession d'une ligne partant de la frontière belge vers Anvers, se dirigeant sur le Hollandsch-Diep, avec embranchement de Rosendaal à Breda et se continuant jusqu'à Rotterdam au moyen d'un service de bateaux à vapeur.

Le cahier des charges du 21 juillet 1852 présente une particularité remarquable : la ligne d'Anvers à Rotterdam est la seule parmi les lignes néerlandaises qui, à l'expiration de sa concession, fasse retour à l'État purement et simplement comme les lignes du réseau français. Pour

toutes les autres lignes des Pays-Bas, le rachat par l'État est tantôt facultatif, tantôt obligatoire à une certaine date; mais il doit toujours y avoir rachat. L'acte de concession du chemin d'Anvers à Rotterdam est, par suite de cette circonstance, celui qui offre le plus de ressemblance avec les cahiers des charges des compagnies françaises; nous y trouvons cependant, comme pour les autres lignes, la clause qui interdit l'établissement d'aucun impôt sur les transports.

Indépendamment de la ligne d'Anvers au Hollandsch-Diep (Moerdyck) qui, avec l'embranchement de Rosendaal à Breda, présente un développement de 55 kilomètres sur le territoire hollandais, ci.	55 kil.
Le Grand-Central Belge exploite encore dans les Pays-Bas les lignes ci-après :	
1° Section hollandaise du chemin de fer d'Anvers à Aix-la-Chapelle, savoir :	
De Maëstricht à la frontière belge, concédée le 13 février 1846. . . . . } De Maëstricht à la frontière allemande, concédée le 30 juillet 1853. . . . . }	35
2° De la frontière belge à Tilbourg, concédée le 4 novembre 1864.	22
Longueur totale en exploitation.	112 kil.

Lignes en construction :

De Wœnsdrecht à la frontière belge, vers Anvers. Concession du 9 mai 1874.	15 kil.
Section hollandaise de la ligne d'Anvers à Gladbach. . .	30
Longueur totale en construction.	45 kil.
Longueur totale en exploitation.	112
Longueur totale de la portion hollandaise du Grand-Central Belge.	157 kil.

CENTRAL NÉERLANDAIS.

Après le Grand-Central Belge vient immédiatement, par

ordre d'importance, la compagnie du Central-Néerlandais dont le réseau se compose des lignes :

D'Utrecht à Zwolle, concédée le 17 juillet 1858,
Et de Zwolle à Kampen, concédée le 11 mars 1863.

Ces deux lignes, dont la longueur totale est de 101 kilomètres, sont actuellement en exploitation.

La société elle-même a été constituée par acte du 29 février 1860, sanctionné par arrêté royal du 27 mars suivant; elle a son siége à Utrecht, mais un grand nombre de ses titres sont dans des mains françaises et, jusqu'à l'année 1876, la société a eu un comité siégeant à Paris.

La ligne entière est ouverte depuis le 10 mai 1865, mais les résultats de l'exploitation n'ont pas été heureux jusqu'à présent : la compagnie n'a pas encore pu payer intégralement l'intérêt de ses obligations, elle a dû se borner à verser des à-compte et remettre à ses obligataires des titres dits *de rente différée* pour le surplus de leurs créances.

LIÉGE. — MAESTRICHT.

Parmi les compagnies secondaires actuellement existantes dans les Pays-Bas, une des plus anciennes est celle du chemin de fer de Liége à Maëstricht, dont la concession remonte à l'année 1856 ; mais cette ligne qui, de même que la précédente, a une grande partie de son capital placé en France, n'a qu'un parcours de 12 kilomètres sur territoire néerlandais ; nous ne nous y arrêterons donc pas.

SLUISKILL A GAND. — TERNEUZEN A SAINT-NICOLAS.

La ligne de Sluiskill à la frontière belge vers Gand, exploitée par la Société générale d'exploitation de Belgique, et celle de Terneuzen à la frontière belge, vers Saint-Nicolas, exploitée par la société du chemin de fer international de Malines à Terneuzen, ne sont également que des

prolongements de compagnies étrangères. La première, concédée en 1864, a une longueur de 14 kilomètres sur le territoire néerlandais; la seconde, qui remonte à 1868 seulement, comprend 23 kilomètres. Les actes de concession de ces deux lignes ne présentent aucune particularité que nous n'ayons déjà signalée.

NIMÈGUE A CLÈVES.

Nous trouvons maintenant la ligne de Nimègue à Clèves, concédée par arrêté royal du 4 juin 1864 à la compagnie du chemin de fer de Nimègue. Cette ligne a 15 kilomètres de Nimègue à la frontière, et 12 sur le territoire allemand; la partie située dans les Pays-Bas a été construite par la compagnie concessionnaire, avec l'aide d'une assez forte subvention donnée par la ville de Nimègue. La ligne, ouverte le 9 août 1865, est exploitée entièrement par le chemin de fer Rhénan-Prussien ; la compagnie du chemin de fer de Nimègue reçoit une part variable dans la recette brute. On a organisé à Nimègue un beau service de transbordement, avec appareils à vapeur pour charger les marchandises des bateaux sur les wagons et *vice versa.*

VENLO A LA FRONTIÈRE PRUSSIENNE.

Une autre compagnie allemande, celle de Cologne-Minden, pénètre sur le territoire néerlandais, où elle aboutit dans la gare de Venlo, à 5 kilomètres de la frontière seulement. La seule importance de ce chemin tient à ce qu'il constitue un tronçon de la ligne directe de Paris à Hambourg ; mais, jusqu'à présent, la circulation n'a pas été bien considérable. Il est vrai que la ligne n'est ouverte à l'exploitation que depuis le 31 décembre 1874.

BOXTEL A WESEL.

Nous citerons encore la ligne de Boxtel à Wesel, dont la

concession remonte au 24 février 1869 et qui est exploitée actuellement par la compagnie du chemin de fer Brabançon-Septentrional Allemand. Cette ligne, dont le parcours dans les Pays-Bas atteint 62 kilomètres, n'a donné jusqu'à présent que des résultats fort médiocres.

TILBOURG A NIMÈGUE. — ROTTERDAM A MUNSTER.

Il nous reste enfin à mentionner les deux lignes de Tilbourg à Nimègue, et de Rotterdam à la frontière prussienne vers Munster. La première de ces lignes, concédée le 8 décembre 1871, est encore en construction, et les travaux marchent fort lentement. Quant à la ligne de Rotterdam à Munster, qui devait s'étendre dans les Pays-Bas sur une longueur de 167 kilomètres, elle a été concédée le 1er mai 1873 à MM. Otlet et Wilmart, c'est-à-dire à des associés d'une grande partie des entreprises Philippart. Il est probable que les faillites successives de M. Philippart en Belgique et en France retarderont considérablement l'exécution du chemin de fer de Rotterdam à Munster, en admettant toutefois que ce chemin soit jamais construit.

Disons, pour en finir avec les compagnies diverses, que les cahiers des charges de ces concessions, à part les particularités que nous avons signalées, sont tous à peu près identiques et calqués sur celui de la ligne de Scheveningen à Wœrden, dont nous avons parlé à l'occasion du chemin de fer Hollandais.

COMPARAISON

ENTRE

LA SITUATION DES CHEMINS DE FER EN FRANCE ET DANS LES PAYS-BAS.

Nous étudierons successivement, ainsi que nous l'avons dit au commencement de ce travail, les relations de l'État avec les Sociétés, puis celles des Sociétés avec le public.

§ 1er. — Relations entre les Sociétés et l'État.

Cette première étude sera divisée en quatre parties : nous examinerons tout d'abord la période de construction des lignes pour passer ensuite à la période d'exploitation; en troisième lieu, nous étudierons la situation relative des compagnies et de l'État à l'expiration de la concession, soit que celle-ci arrive à son terme normal, soit qu'il y ait déchéance ou rachat anticipé ; enfin, nous comparerons les résultats obtenus par l'État dans les deux pays.

PÉRIODE DE CONSTRUCTION.

Nous avons, au sujet de la construction, deux cas à distinguer, suivant que les lignes sont construites par l'État ou par les sociétés concessionnaires.

Construction par l'État. — Dans le premier cas, il y a quelques différences entre le mode de procéder adopté dans les Pays-Bas et celui qui a été pratiqué en France, d'après la loi de 1842. En France, l'État construisait simplement la plate-forme de la ligne, terrassements et ou-

vrages d'art, ainsi que les bâtiments des stations ; la compagnie concessionnaire était chargée de la pose de la voie. Dès que la compagnie avait été mise en possession du chemin qui lui était concédé, le rôle de l'État était fini ; les travaux d'extension et d'agrandissements de toute nature étaient à la charge du concessionnaire.

Dans les Pays-Bas, l'État doit livrer les chemins complétement prêts à être mis en exploitation ; la compagnie n'a que le matériel roulant à fournir ; les travaux complémentaires de premier établissement demeurent à la charge de l'État, qui assume en outre la responsabilité de l'entretien des grands ouvrages d'art, et est également tenu d'effectuer les grosses réparations aux lignes en cas d'accidents de force majeure, tels qu'inondations, ruptures de digues, guerre, etc.

Le rôle de l'État est donc beaucoup plus étendu dans les Pays-Bas qu'en France, et la construction des lignes est notablement plus onéreuse pour le trésor néerlandais.

Construction par les concessionnaires. — Quant aux lignes à construire par les compagnies concessionnaires, elles sont soumises dans les Pays-Bas et en France à des conditions à peu près identiques, qui sont les suivantes :

Les projets doivent être présentés à l'approbation du ministre ; celui-ci a le droit de les modifier ; la ligne sera construite conformément aux projets approuvés et sous la surveillance de l'État ; le ministre peut exiger la démolition et la reconstruction de tout ouvrage qui n'aurait pas été établi conformément aux règles de l'art. Les lignes doivent être clôturées dans toute leur étendue ; nous trouvons à ce sujet dans la loi néerlandaise du 9 avril 1875 (art. 34 et 35) les dispositions suivantes, qui n'existent pas en France : les propriétaires dont les terrains sont coupés en deux parties par un chemin de fer ont droit de traversée sur le chemin de fer. Les propriétaires sont responsables de la fermeture des passages à niveau créés en vertu de cette disposition.

En France, le ministre peut autoriser l'établissement de passages à niveau particuliers ; mais les propriétaires n'ont pas le droit d'en exiger.

Le ministre détermine l'emplacement des stations et maisons de garde ; toutefois, l'article 25 de la loi néerlandaise ne comporte aucune restriction, tandis qu'en France, à part les gares d'évitement, dont le nombre, l'étendue et l'emplacement sont déterminés par le ministre, la compagnie entendue (cahier des charges de la compagnie de l'Est, art. 9), les gares et stations de voyageurs et marchandises ne peuvent être établies que sur une proposition de la compagnie, proposition soumise naturellement à la sanction ministérielle.

Aucune ligne ou section de ligne ne peut être livrée à l'exploitation avant d'avoir été reçue par le gouvernement.

Le ministre peut exiger la pose d'une deuxième voie dès qu'il juge cette mesure nécessaire pour les besoins du service. Dans les Pays-Bas, cependant, le ministre ne peut faire usage de ce droit tant que la recette brute n'atteint pas 13.000 florins, soit 27.513^{fr},22 par kilomètre ; en France, la limite a été fixée à 35.000 francs par kilomètre pour la compagnie de l'Est, par la convention du 31 décembre 1875.

On peut dire, en résumé, que relativement à l'établissement des lignes à construire par des particuliers, les droits et obligations de l'État et des concessionnaires sont sensiblement les mêmes dans les deux pays.

PÉRIODE D'EXPLOITATION.

Pendant la période d'exploitation, la situation n'est plus la même ; nous trouvons, dans les régimes adoptés en France et dans les Pays-Bas, un certain nombre de différences que nous signalerons successivement, tout en continuant à indiquer les principaux traits communs aux deux systèmes.

Entretien. — Les lignes doivent toujours être entretenues de manière que la circulation y soit facile et sûre. Dans le cas où la compagnie négligerait de se conformer à cette prescription, l'État aurait le droit d'y pourvoir d'office, aux frais de la compagnie ; ainsi s'expriment les cahiers des charges français. Nous trouvons en Hollande des dispositions à peu près identiques ; toutefois, nous remarquons que, dans notre pays, toutes les dépenses d'entretien ordinaires et extraordinaires sont à la charge des compagnies, tandis que dans les Pays-Bas, ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'État doit entretenir à ses frais les grands ouvrages d'art et supporter également les réparations extraordinaires sur les lignes de son réseau.

Surveillance. — Le règlement général sur le service des chemins de fer édicté par l'arrêté royal néerlandais du 27 octobre 1875 et le cahier des charges de la compagnie de l'Est contiennent des prescriptions tout à fait semblables relativement à la surveillance de la voie et au service des passages à niveau ; nous ne nous arrêterons donc pas sur ce point.

Matériel roulant. — Pour ce qui concerne le matériel roulant, les dispositions du titre III du règlement néerlandais du 27 octobre 1875 présentent la plus grande analogie avec les prescriptions en vigueur en France d'après le titre II de l'ordonnance de 1846, les lois et règlements sur la surveillance des machines à vapeur et enfin les cahiers des charges des compagnies.

EXPLOITATION PROPREMENT DITE.

Nous établirons, relativement à l'exploitation proprement dite, les cinq divisions suivantes : réglementation, organisation du service, tarification, contrôle de l'État, services rendus à l'État.

Réglementation. — « La compagnie sera tenue de sou-

mettre à l'approbation de l'administration les règlements relatifs au service et à l'exploitation du chemin de fer. »

Telle est la disposition inscrite dans l'article 33 du cahier des charges de la compagnie de l'Est.

La loi néerlandaise du 9 avril 1875 dit dans son article 27 :

« Une mesure d'administration générale règle :

« Le service des stations;

« La surveillance de la voie, la manœuvre des signaux;

« L'aménagement et la surveillance des machines, tenders, voitures et wagons;

« La composition des trains;

« La vitesse des trains, etc... »

L'arrêté du 27 octobre 1875 que nous avons déjà cité a été précisément rendu en exécution de cet article de loi.

Le principe est le même dans les deux pays : l'État a la haute main sur les règlements; mais en France, à part les dispositions communes à tous les chemins de fer, édictées par l'ordonnance de 1846, titres III et IV, on a laissé à chaque compagnie le soin de rédiger ses instructions, tandis que dans les Pays-Bas le règlement est le même pour toutes les compagnies. Ce dernier système offre l'avantage de pouvoir faire passer, à un moment donné, les agents et le matériel d'une ligne sur l'autre, sans que la sécurité puisse être compromise; par contre, on doit hésiter plus longtemps avant d'introduire une modification quelconque dans un règlement applicable à toutes les exploitations d'un même pays, et par conséquent les progrès sont plus difficiles à réaliser.

Organisation du service. — D'après l'article 43 de l'ordonnance de 1846, quinze jours au moins avant la mise en vigueur d'un nouveau service, le projet doit en être soumis au ministre, qui pourra prescrire les modifications nécessaires pour la sûreté de la circulation ou pour les besoins du public.

Les articles 13, 14 et 15 de la loi néerlandaise du 9 avril

1875 donnent au ministre un droit analogue; mais pour ce qui concerne les chemins de fer de l'État, dont le réseau est de beaucoup le plus important des Pays-Bas, l'acte de concession des 24-25 mai 1876 limite expressément à quatre par jour en moyenne le nombre de trains devant parcourir les diverses lignes dans chaque sens; le droit du ministre est donc moins étendu dans les Pays-Bas qu'en France; mais, en résumé, dans les deux pays, l'organisation du service est soumise en principe à la sanction de l'autorité supérieure.

Tarification. — On connaît le système de tarification actuellement en vigueur en France : le cahier des charges détermine le maximum des prix que la compagnie est autorisée à percevoir; la compagnie a le droit d'établir des prix inférieurs au maximum; toute modification de tarif doit être annoncée un mois à l'avance par voie d'affichage; une taxe ne peut être relevée qu'après avoir été appliquée pendant trois mois au moins pour les voyageurs, un an pour les marchandises : il est interdit de contracter aucun traité particulier accordant des réductions de taxe, sauf cependant avec l'État; enfin, aucune taxe ne peut être perçue qu'en vertu d'une homologation du gouvernement, conformément à l'article 44 de l'ordonnance de 1846. L'intervention de l'État dans la fixation des tarifs se réduit donc à l'homologation. Qu'est-ce au juste que l'homologation? C'est, d'après le rapport présenté au roi à l'appui de l'ordonnance précitée, une formalité indispensable pour donner aux tarifs une date précise : « Elle a pour objet de « rendre exécutoires les modifications que la compagnie « proposerait d'apporter aux tarifs réglementaires et de « s'assurer que ces modifications ne constituent aucune « dérogation aux dispositions du cahier des charges. » (Circulaire du ministre des travaux publics aux préfets, en date du 12 août 1865, relative à l'application de la loi du 12 juillet précédent.)

Le droit d'homologation n'est donc en réalité qu'un droit de contrôle et non pas un droit d'approbation, comme on a voulu quelquefois le soutenir.

Dans les Pays-Bas, la situation est moins nettement définie : l'article 28 de la loi du 9 avril 1875 dit que les tarifs doivent être soumis à l'approbation du ministre ; d'après l'article 29, le roi peut prescrire en tout temps l'abaissement des tarifs. Rien n'est plus clair en apparence que ces dispositions ; mais le même article ajoute que, si par suite d'un abaissement de tarif imposé le bénéfice net des entrepreneurs diminue, ceux-ci seront indemnisés par le trésor public.

Les tarifs doivent être affichés un mois avant leur mise en vigueur. Ces prescriptions seront applicables à tous les chemins de fer en général. Pour les uns, le cahier des charges établit en outre un prix maximum ; pour d'autres, il est dit simplement que les tarifs seront fixés conformément à la loi. Enfin, dans la convention avec la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État, il est dit, à l'article 21, que le ministre détermine le maximum des prix à percevoir, et, à l'article 22, que toutes propositions d'établissement ou de modifications de tarifs seront soumises au ministre de l'intérieur qui s'assurera que les prix maximum ne sont pas dépassés. Si, dans les quinze jours qui suivent la présentation d'un tarif, le ministre n'a pas statué, la compagnie a le droit d'appliquer le tarif à titre provisoire, sauf observation des délais d'affichage.

Dès que les prix maximum ont été déterminés, et ils l'ont été pour toutes les lignes d'après des bases assez élevées, le rôle de l'État se trouve réduit au droit de prescrire, à ses risques et périls, un abaissement de tarif, ou à celui d'interdire la mise en vigueur d'un tarif réduit dont une compagnie aurait pris l'initiative, et de s'exposer ainsi aux réclamations de tous les négociants intéressés à l'abaissement proposé.

Aucun délai n'est imposé pour l'application d'un tarif, sauf celui d'affichage; les compagnies peuvent relever un prix du jour au lendemain, à condition de se mouvoir dans les limites du tarif maximum approuvé par l'État.

On voit que l'ensemble de ces dispositions est assez confus et peut donner matière à des contestations sérieuses. Dans la pratique, les compagnies jouissent d'une grande liberté pour l'établissement de leurs tarifs. Nous devons ajouter que, dans les Pays-Bas comme en France, la perception des taxes doit se faire sans aucune faveur; toutefois, les compagnies néerlandaises ont le droit de passer des conventions particulières accordant, à un ou plusieurs expéditeurs, des prix plus réduits que ceux des tarifs ordinaires, soit pour des transports importants, soit en cas d'abonnement pour la charge d'un ou de plusieurs wagons (article 31 de la loi du 9 avril 1875). Les compagnies usent largement de cette faculté qui a été retirée aux compagnies françaises par la décision ministérielle du 26 septembre 1857.

Pour terminer ce que nous avons à dire au sujet des droits de l'État en matière de tarifs, il faut ajouter que le gouvernement néerlandais peut, aux termes de l'article 32 de la loi du 9 avril 1875, exiger des diverses compagnies de chemins de fer l'organisation de services directs. On trouvera peut-être que ce droit, qui n'existe pas en France, constitue pour l'État un privilége précieux; nous dirons, nous, que c'est un danger.

Admettons, en effet, que le ministre ait forcé une compagnie à entrer en relations directes avec une compagnie voisine, chacune des deux administrations percevra des taxes pour le compte de l'autre; supposons que la deuxième compagnie tombe en faillite et que la première ne puisse rentrer dans les sommes qui lui sont dues, quelle sera, dans ce cas, l'attitude de l'État? La première compagnie sera parfaitement fondée à lui réclamer le montant

du préjudice qu'elle aura éprouvé, et ce préjudice peut être considérable.

Le nombre de billets et d'enregistrements directs que les compagnies françaises inscrivent et distribuent chaque jour montre qu'il n'était pas nécessaire d'insérer dans la loi une disposition de la nature de celle qui nous occupe en ce moment. Les compagnies seront toujours prêtes à augmenter le nombre des relations directes existantes et à déférer aux demandes légitimes que le ministre pourra leur adresser à ce sujet; il nous paraît préférable que, dans cette circonstance, le ministre ne puisse pas imposer sa volonté aux compagnies, ce qu'il ne pourrait faire sans engager gravement dans certains cas la responsabilité de l'État.

Contrôle de l'État. — L'exploitation des lignes, aussi bien que la construction, est soumise, dans les Pays-Bas comme en France, au contrôle de l'État. Dans notre pays, les attributions du service du contrôle sont définies par le titre VI de l'ordonnance du 15 novembre 1846; dans les Pays-Bas, par l'arrêté royal du 4 avril 1860.

En France le service du contrôle se fait par l'intermédiaire des ingénieurs des ponts et chaussées et des mines, des inspecteurs de l'exploitation commerciale et des commissaires spéciaux sous la haute direction du ministre des travaux publics. Dans les Pays-Bas, le contrôle est exercé par un conseil de surveillance nommé par le roi. Dans les deux pays, les fonctionnaires du contrôle surveillent le service d'exploitation dans tous ses détails : composition et circulation des trains, emploi des signaux, service des gares et stations, application des tarifs, etc.....

La loi du 9 avril 1874 dit que les fonctionnaires chargés de la surveillance ont le droit de demander tous les renseignements et indications qu'ils jugent nécessaires au sujet du service du chemin de fer, *sauf pour ce qui concerne la gestion financière.*

Ainsi, dans les Pays-Bas, à l'exception, bien entendu,

des lignes de l'État, les comptes des compagnies ne sont pas vérifiés.

Il n'en est pas de même en France, où la comptabilité des compagnies doit être tenue conformément aux dispositions du décret du 2 mai 1863, vérifiée et arrêtée par les fonctionnaires du département des finances.

On voit que le contrôle de l'État est encore plus étendu en France que dans les Pays-Bas.

Dans les deux pays, ce contrôle s'exerce aux frais des compagnies.

SERVICES RENDUS A L'ÉTAT PAR LES CHEMINS DE FER.

Les différences les plus importantes entre la situation des chemins de fer en France et dans les Pays-Bas, vis-à-vis de l'État, se trouvent dans les services que celui-ci peut demander aux compagnies exploitantes.

Perception des impôts. — En premier lieu, et comme distinction capitale, nous citerons la perception des impôts. Dans les Pays-Bas, il est absolument interdit d'établir aucun impôt sur les chemins de fer pendant toute la durée des concessions; les compagnies ne sont soumises qu'aux impôts applicables à l'industrie en général, tels que droits de patente, de circulation de titres, de douane, etc., et nous avons vu que l'ensemble de toutes ces taxes avait rapporté à l'État néerlandais, en 1873, 83.000 francs, soit à peine 100 francs par kilomètre.

En France, au contraire, les transports, tant en grande qu'en petite vitesse, sont grevés d'une série d'impôts qu'il est inutile de rappeler ici, mais qui, dans cette même année 1875, et pour le seul réseau de l'Est, ont rapporté à l'État 17.500.000 francs, soit 7.800 francs par kilomètre, et cela sans que l'État ait eu aucuns frais de perception à supporter.

Cette différence entre les deux régimes est considérable;

elle est toute à l'avantage du commerce néerlandais et, ajouterons-nous, des compagnies. Il est plus que probable que si, en France, l'impôt de près de 23 p. 100 qui frappe actuellement les transports à grande vitesse était supprimé, le mouvement des voyageurs s'accroîtrait d'une manière sensible.

Transports de la poste. — Nous avons déjà dit que les transports de la poste se faisaient gratuitement dans les Pays-Bas, tout au moins sur les lignes dont la concession est postérieure à 1859.

En France, le service de la poste n'est pas absolument gratuit : la circulation des voitures-poste donne lieu, dans quelques cas fort restreints d'ailleurs, à la perception d'une taxe ; ici, l'avantage, au point de vue de l'État, appartient au système néerlandais.

Transports militaires. — Il n'en est pas de même pour les transports militaires : les compagnies néerlandaises ne sont assujetties qu'à la réduction du demi-tarif au lieu du quart, et encore cette réduction ne s'applique-t-elle qu'aux soldats de l'armée de terre. Les officiers et les marins n'y ont aucun droit.

Service télégraphique. — Les prescriptions relatives au service télégraphique sont semblables dans les deux pays.

Réquisition des lignes. — L'État peut, dans les Pays-Bas aussi bien qu'en France, requérir complétement les chemins de fer dans un intérêt public. En France, le droit de réquisition ne paraît cependant pouvoir s'appliquer que dans le cas de grands transports militaires, et alors la taxe est double ; dans les Pays-Bas, on n'a pas spécifié dans quels cas la réquisition pouvait s'opérer, et il est simplement dit que la compagnie a droit à une indemnité.

Transport des prisonniers. — Les transports de prisonniers se font en France moyennant un tarif très-réduit ; dans les Pays-Bas, ils ont lieu gratuitement.

Transports divers pour le compte de l'État. — Nous rap-

pellerons enfin que les compagnies françaises ont consenti à conclure avec les diverses administrations de l'État des traités particuliers pour le transport, à prix réduits, des objets de toute nature appartenant à celui-ci. Dans les Pays-Bas, au contraire, tous les transports de l'État sont taxés exactement au même tarif que ceux du commerce. Ne font exception à cette règle que les matériaux nécessaires aux réparations des lignes de l'État, qui sont transportés à raison de 0fl,02 par tonne et par kilomètre, mais sur le réseau de la Société d'exploitation seulement.

FIN DES CONCESSIONS.

Nous avons à nous occuper maintenant des droits respectifs de l'État et des compagnies, à l'expiration des concessions.

Les concessions peuvent cesser soit naturellement en vertu du contrat, soit par voie de rachat, soit par suite de déchéance; nous examinerons successivement ces trois cas.

Expiration de la concession. — En France, les concessions sont accordées pour une période de quatre-vingt-dix-neuf ans, à la fin de laquelle le chemin de fer et ses dépendances font purement et simplement retour à l'État. La compagnie conserve la propriété de son matériel roulant, des objets mobiliers et des approvisionnements de toute nature faits par elle à l'occasion de son exploitation.

Dans les Pays-Bas, les concessions sont en réalité perpétuelles; l'État ne peut les faire cesser qu'en les rachetant, sauf, bien entendu, le cas de déchéance. Pour le réseau de l'État seul, la durée de la concession a été fixée à cinquante années devant finir le 31 décembre 1917; à l'expiration de ce délai, l'État devra racheter les lignes; pour les autres concessions, l'époque de la reprise est généralement indéterminée.

Rachat. — L'État français peut racheter toute ligne, quinze ans après l'origine de la concession, aux conditions

suivantes : On évalue le produit net moyen des sept dernières années, déduction faite des résultats obtenus pendant les deux plus mauvaises, et la somme ainsi calculée doit être versée à la compagnie chaque année jusqu'à l'expiration de la concession ; toutefois, le montant de l'annuité ne peut être inférieur au produit net de la dernière des sept années prises pour terme de comparaison.

Dans les Pays-Bas, la reprise ne peut s'exercer qu'après vingt ans d'exploitation. Le prix du rachat, calculé d'après la formule adoptée en France, est capitalisé au taux de 5 p. 100; le produit, augmenté de 15 p. 100 de sa valeur, représente la somme à payer à la compagnie. Pour ce qui concerne le réseau de l'État, en cas de reprise, le gouvernement devrait rembourser à la compagnie la valeur de son capital, plus une somme égale à vingt fois le dividende moyen distribué aux actionnaires, ce dividende étant diminué naturellement des intérêts à 5 p. 100 du capital, puisque celui-ci est remboursé tout d'abord.

Le rachat ne peut s'exercer qu'à des conditions déterminées, savoir, vingt, trente ou quarante ans après le commencement de la concession. On voit, par ce qui précède, que le rachat des concessions serait plus onéreux dans les Pays-Bas qu'en France.

Déchéance. — Il nous reste enfin à parler des cas de déchéance. Les motifs sont les mêmes chez les deux nations : inobservation des règlements, manque de soumission aux décisions ministérielles, etc...

En France, quand il y a déchéance, la ligne est mise en adjudication, et la compagnie évincée n'a droit qu'au produit de la soumission la plus forte.

Dans les Pays-Bas, la compagnie déchue recevra, pour les lignes ouvertes à l'exploitation, une somme égale à vingt fois le produit net moyen de l'entreprise pendant les sept dernières années, déduction faite des deux meilleures; quant aux lignes en construction, on remboursera simple-

ment au concessionnaire la valeur, à dire d'experts, des travaux faits par lui, mais avec une réduction de 20 p. 100 sur l'estimation.

Le système français nous paraît plus équitable aussi bien pour les compagnies que pour l'État.

RÉSULTATS OBTENUS PAR L'ÉTAT.

Pour terminer cette comparaison entre les droits de l'État à l'égard des compagnies dans les Pays-Bas et en France, il nous reste à parler des résultats obtenus par l'État.

Dans les Pays-Bas, ainsi que nous l'avons déjà dit, aucun impôt ne peut être établi sur les transports; les sociétés ne sont soumises qu'aux taxes applicables aux entreprises industrielles en général; ces taxes représentent une recette annuelle d'environ 100 francs par kilomètre exploité, ce qui est peu de chose. Quant au réseau de l'État, nous avons vu que le montant des redevances perçues par l'État, ajouté aux économies réalisées par celui-ci à l'occasion de divers transports, avait donné, dans l'année la plus favorable, un produit de 5.900 francs par kilomètre, représentant un peu moins de 2 p. 100 du capital dépensé pour la construction des lignes, tandis qu'en France, dans la même année, l'État avait obtenu, sur le réseau de l'Est, 19 p. 100 de ses subventions, tant en travaux qu'en argent.

Le système français rapporterait donc à l'État neuf fois plus que celui adopté dans les Pays-Bas. On peut objecter à ce raisonnement que la situation, dans les deux pays, n'est pas comparable. En effet, les lignes construites par l'État dans les Pays-Bas ont coûté cher; mais cela tient uniquement aux difficultés de premier établissement. Ce serait méconnaître l'habileté des ingénieurs néerlandais que de leur reprocher des dépenses qui, dans un pays

aussi difficile à traverser, auraient pu s'élever à des chiffres bien supérieurs.

En outre, ces lignes, dont la construction a été si coûteuse, sont et ne pouvaient être que peu productives ; dans les Pays-Bas, presque tous les transports à petite vitesse se font par la navigation, grâce à un réseau de canaux extrêmement complet et à l'habitude générale de ce moyen de communication.

Si nous cherchons à nous rendre compte de l'importance du trafic à petite vitesse sur les chemins de fer néerlandais, relativement aux recettes totales, nous trouvons pour l'année 1876 les résultats ci-après :

DÉSIGNATION DES LIGNES.	RECETTES			RAPPORT de la recette petite vitesse à la recette totale.
	Grande vitesse.	Petite vitesse.	totales.	
Chemins hollandais :	florins.	florins.	florins.	p. 100.
Lignes concédées à la compagnie.	2.595.173,21	1.058.913,56	3.654.086,77	29
Lignes appartenant à l'État.	298.616,88	112.995,58	411.612,46	27
Chemin Néerlandais-Rhénan.	2.764.084,40	2.920.512,98	5.684.597,38	51
Société d'exploitation.	4.011.489,94	3.372.053,36	7.383.543,30	45
Totaux et moyenne générale.	9.669.364,43	7.464.475,48	17.133.839,91	43

Ainsi le produit de la petite vitesse ne représente que 43 p. 100 de la recette totale, tandis qu'en France, dans la même année, sur le réseau de l'Est, la proportion atteignait 63 p. 100.

Les chemins de fer ne peuvent donc compter, dans les Pays-Bas, que sur un trafic généralement assez inférieur à celui des lignes françaises ; en outre, les frais de premier établissement sont fort coûteux, vu la nature du sol. Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que les recettes réalisées n'aient pas toujours été en rapport avec les dépenses faites, notamment pour le réseau de l'État. En effet, les lignes de l'État, qui ont nécessité des travaux d'art

considérables, ont été relativement plus coûteuses, tout en ayant moins de trafic à espérer que les premiers chemins construits dans le pays, ceux-ci ayant été naturellement établis suivant les directions les plus productives.

On aurait donc tort de juger uniquement, d'après ses résultats, la combinaison adoptée dans les Pays-Bas pour la construction et l'exploitation des chemins de fer de l'État.

On pourra mieux apprécier la valeur relative des systèmes en vigueur dans les deux pays en appliquant à l'un des réseaux français la formule néerlandaise.

Résultats obtenus sur le réseau de l'Est par l'application de la formule néerlandaise. — Nous continuerons à prendre le réseau de l'Est pour exemple et nous examinerons quels auraient été pour la compagnie et l'État les résultats de l'application, à l'exercice 1875, du traité actuellement existant entre l'État néerlandais et la Société d'exploitation.

Au 31 décembre 1873, les frais de construction du réseau de l'Est, déduction faite de la valeur des lignes cédées à l'Alsace-Lorraine, avaient atteint les chiffres suivants (*) :

	fr. c.
Subventions de l'État en argent ou en travaux.	133.796.000,00
Dépenses de la compagnie.	899.823.000,00
Ensemble.	1.033.619.000,00
Auxquels il faut ajouter les dépenses de premier établissement effectuées en 1874, savoir (**) :	
Sur l'ancien réseau.	12.882.458,43
Sur le nouveau réseau.	4.037.144,30
Dépense totale au 31 décembre 1874. . . .	1.050.538.602,73

D'après le système néerlandais, la compagnie n'aurait eu à fournir que le matériel roulant et

(*) Voir les tableaux statistiques publiés par le ministère des travaux publics (1874).

(**) Voir compte rendu à l'Assemblée des actionnaires du 30 avril 1875.

le mobilier des stations et maisons de garde, dont la valeur, au 31 décembre 1874, s'élevait à environ (*)	fr. c. 156.000.000,00
L'État aurait eu, par suite, à dépenser un capital de	894.538.602,75

dont l'intérêt, à 5 p. 100 eût entraîné, pour le trésor public, une charge annuelle de 44.726.930f,00.

Nous supposerons que le capital de la compagnie, s'élevant, comme nous l'avons dit, à 156 millions de francs, comprenne 80 millions de francs d'actions et 76 millions de francs d'obligations.

Ces préliminaires posés, voyons quels auraient été les résultats obtenus, pendant l'année 1875, en appliquant les clauses de la convention des 24-25 mai 1876 :

La recette brute effectuée sur le réseau de l'Est, en 1875, déduction faite des divers impôts, s'est élevée au chiffre de.		95.734.759f,21
On prélève tout d'abord, au profit du fonds de renouvellement des voies : pour 1.100 kilom. de voie simple, 1.055 fr. par kil., soit. .	1.160.500f,00	3.582.780,00
Pour 1.148 kilom. de voie double, 2.110 fr. par kilom., soit.	2.422.280,00	
L'excédant de recette brute, soit.		92.151.979,21
est partagé comme suit :		
80 p. 100 à la compagnie, ci. . .	73.721.583f,37	
20 p. 100 à l'État, ci.	18.430.395,84	
Total égal. . . .	92.151.979f,21	

Nous devons calculer maintenant le bénéfice net de la compagnie ; à cet effet, on déduit des 73.721.583f,37 qui lui sont attribués, les sommes ci-après :

(*) Voir compte rendu à l'Assemblée des actionnaires du 30 avril 1875.

1° *Frais d'exploitation.*

Les dépenses d'exploitation proprement dites se sont élevées, en 1875, sur le réseau de l'Est, à (*). 50.309.948f,65

2° *Intérêt et amortissement des emprunts.*

Nous avons supposé un capital-obligations de 76 millions de francs dont l'intérêt et l'amortissement, caculés à 5f,75 p. 100, représentent. 4.370.000,00

3° *Fonds de réserve en prévision d'incendies ou d'accidents.*

211 fr. par kilom. pour 2.248 kilom. 474.318,00

4° *Fonds de réserve pour le renouvellement des machines, voitures et wagons.*

4 p. 100 de la recette brute, ci.		3.769.678,52
Total à déduire.		58.923.945f,17
La part attribuée à la compagnie étant de. . . .		73.721.583f,27
Les sommes à déduire s'élevant à.		58.923.945,17
La recette nette atteint.		14.797.638f,10
Sur cette recette nette, la compagnie a droit tout d'abord à l'intérêt à 4 1/2 p. 100 de son capital-actions, ci.		3.600.000,00
L'excédant de.		11.197.638f,10
est partagé par moitié entre l'État et la compagnie, jusqu'à ce que le bénéfice de celle-ci atteigne 5 p. 100 du capital;		
Soit pour la compagnie.	400.000f,00	
pour l'État.	400.000,00	
Ensemble.	800.000f,00	800.000f,00
Le surplus.		10.397.638f,10
est réparti comme suit:		
4/5 à l'État.	8.318.110f,48	
1/5 à la compagnie.	2.079.527,62	
Total égal.	10.397.638f,10	

(*) Voir rapport à l'Assemblée des actionnaires du 29 avril 1876.

L'application de la convention néerlandaise aux résultats de l'exploitation du réseau de l'Est aurait ainsi rapporté à l'État français, pour l'exercice 1875, les sommes ci-après :

1° Part dans la recette brute.	18.430.395f,84
2° Premier prélèvement sur la recette nette, déduction faite de l'intérêt à 4 1/2 p. 100 du capital-actions.	400.000 ,00
3° 4/5 du surplus de recette nette, déduction faite de l'intérêt à 5 p. 100 des actions et du premier prélèvement.	8.318.110 ,48
Total perçu par l'État français. . . .	27.148.506f,32

dont il faut retrancher le montant des dépenses complémentaires de premier établissement restant à la charge de l'État, d'après la convention.

Ces dépenses se sont élevées aux chiffres suivants :

Ancien réseau	2.016.068f,60	
Nouveau réseau.	3.007.123 ,60	
Ensemble.	5.023.202,20	5.023.202f,20
La recette réalisée par l'État eût donc été de. . .		22.125.304f,12

seulement.

Nous avons vu que le service des emprunts contractés par l'État, pour la construction du réseau, aurait nécessité une dépense annuelle de.	44.726.930f,00
Le produit net de l'exploitation ne donnant que.	22.125.304 ,12
Le trésor public se serait finalement trouvé en déficit de.	22.601.625f,88

soit plus de 22 millions et demi (*).

Comparaison des résultats obtenus par les deux systèmes. — Ainsi la combinaison adoptée en France a permis à l'État de retirer du chemin de fer de l'Est, en impôts directement perçus, 17.500.000 francs, représentant plus de 18 p. 100

(*) Nous avons trouvé dans le *Journal des travaux publics* du 15 mars 1877 un calcul analogue fait pour le nouveau réseau de la compagnie d'Orléans ; le déficit de l'État aurait atteint 18 millions et demi en 1875.

du montant des subventions de toute nature accordées à la compagnie. De plus, à l'expiration de la concession, l'État deviendra, sans bourse délier, propriétaire des lignes.

Avec la formule néerlandaise, l'État aurait dû, tout d'abord, construire les chemins au moyen de l'emprunt, et il est permis de penser que l'importance du capital à émettre n'eût pas été sans exercer, sur le crédit du trésor, une influence peu favorable. L'État aurait eu de plus à supporter, sur le réseau de l'Est seul et pour un exercice, un déficit de 22.600.000 francs.

La perte, pour l'ensemble du réseau français, eût certainement dépassé 150 millions de francs ; l'État eût perdu, en outre, le montant de tous les impôts perçus par lui sur les transports, la convention néerlandaise interdisant expressément l'application d'aucun impôt de cette nature.

L'État français n'a donc pas lieu de regretter que le régime de nos chemins de fer soit différent de celui qu'ont adopté les Pays-Bas. Nous ajouterons que, dans notre pensée, un système qui consiste à faire construire les lignes par l'État et en affermer l'exploitation est, de sa nature, peu productif. En effet, l'État, en se faisant constructeur, est en quelque sorte tenu d'établir un plus grand nombre de lignes que s'il était obligé de procéder par voie de concessions. Les différentes provinces du pays, assujetties aux charges générales, réclameront toutes des avantages égaux, qu'il sera difficile de leur refuser. On est ainsi conduit à construire plus de lignes qu'il ne serait nécessaire, d'après les besoins réels du trafic.

Un coup d'œil jeté sur une carte des Pays-Bas montrera la vérité de cette assertion ; une grande partie des lignes à établir, d'après la loi du 10 novembre 1875, forment double emploi avec les chemins actuels, et leur construction ne contribuera pas à accroître la prospérité du réseau national.

Avec le système français, lorsqu'une ligne est réclamée

par une région, on est obligé d'attendre qu'une société sérieuse se présente pour obtenir la concession.

Voudrait-on voir un avantage réel pour les Pays-Bas dans cette possibilité d'extension en quelque sorte indéfinie de leur réseau? Nous pensons que ce serait une erreur. Les Pays-Bas sont exposés à faire bien des dépenses peu utiles et tout à fait hors de proportion avec les résultats à espérer. Si les produits que cet État retire chaque année des Indes lui permettent, dans une certaine mesure, de faire en réalité d'importants sacrifices pour le développement de son réseau, nous pensons qu'en France, où l'impôt est la seule ressource du trésor public, on aurait tort d'entrer dans une voie aussi périlleuse.

Enfin, nous ferons au système néerlandais un dernier reproche, qui a d'ailleurs été déjà formulé dans une note parue le 19 janvier 1877 au *Journal officiel :* La Société d'exploitation, n'ayant à fournir que le matériel roulant et le mobilier des gares, a un capital qui ne dépasse pas 40.000 francs par kilomètre. Une entreprise dont le fonds social est aussi limité, relativement au travail à accomplir, résiste difficilement à une secousse financière; en cas de crise, le secours de l'État devient indispensable. En France, au contraire, nous avons vu, après la guerre de 1870, les compagnies, même les plus éprouvées par les événements, apporter à l'État le secours de leur propre crédit dans une mesure assez importante. Nous pensons donc qu'au point de vue des relations de l'État avec les compagnies, le système français est préférable au système néerlandais.

§ 2. — Relations des compagnies avec le public.

En premier lieu, nous étudierons les rapports des compagnies entre elles; nous verrons ensuite à quelles conditions, dans les Pays-Bas et en France, les particuliers sont autorisés à raccorder les chemins de fer avec les éta-

blissements industriels qu'ils possèdent ; nous examinerons sommairement les règlements administratifs qui régissent, dans une certaine mesure, les obligations réciproques des compagnies et du public ; enfin, nous terminerons par la comparaison des tarifs actuellement existants dans les deux pays, la perception des taxes constituant, à vrai dire, la plus importante des relations entre le public et les compagnies.

Relations des compagnies entre elles. — La loi néerlandaise, en date du 9 avril 1875, dit que les concessionnaires d'un chemin de fer ne pourront mettre obstacle à la création de nouvelles lignes traversant le réseau concédé ou venant s'y raccorder, pourvu cependant que la concession nouvelle n'entraîne, pour la ligne existante, aucuns frais supplémentaires de service ou d'entretien ; la compagnie nouvelle a le droit de se servir de la voie et des stations du chemin déjà existant, moyennant le payement d'une redevance à fixer à l'amiable ; en cas de désaccord, le gouvernement statuera. Ces dispositions sont tout à fait analogues à celles qui régissent les compagnies françaises. (Voir l'article 61 du cahier des charges de la compagnie de l'Est, et l'article 7 de la convention conclue entre cette compagnie et l'État, à la date du 17 juin 1873.)

Nous avons déjà signalé le droit que possède l'État néerlandais d'obliger les compagnies à organiser des services directs ; nous ne reviendrons pas sur ce sujet.

Raccordements particuliers. — L'article 58 de la convention des 24-25 mai 1876 donne à toute personne munie de l'autorisation ministérielle le droit d'établir, dans le voisinage du chemin de fer, des magasins ou quais pourvus de grues ou de tous autres engins pour le chargement et le déchargement des marchandises et desservis par des voies spéciales se raccordant avec la ligne.

La même disposition existe dans les cahiers des charges de toutes les compagnies néerlandaises, sauf cependant

dans ceux des lignes d'Amsterdam à Rotterdam par La Haye (chemin Hollandais), d'Amsterdam à Arnhem et d'Utrecht à Rotterdam (chemin Néerlandais-Rhénan).

En France, les propriétaires de mines ou d'usines seuls ont le droit de réclamer des raccordements particuliers ; le commerce néerlandais a donc, à ce point de vue, au moins sur la presque totalité des lignes, une plus grande latitude que les négociants français.

Dans les deux pays, le service des embranchements particuliers se fait d'une manière analogue et donne lieu, au profit des compagnies, à la perception d'un droit de location pour la fourniture du matériel.

Règlements. — Le règlement général édicté par l'arrêté royal du 9 janvier 1876, mis en vigueur à partir du 15 octobre suivant, renferme, relativement aux obligations du personnel des compagnies à l'égard du public, et *vice versa*, une série de dispositions fort semblables à celles que contiennent la loi du 15 juillet 1845 et l'ordonnance du 15 novembre 1846. Dans le même règlement sont comprises les prescriptions relatives aux conditions générales d'application des tarifs, délais de transport, marchandises exclues du transport ou admises seulement sous certaines conditions, factage, camionnage, etc... Nous n'entrerons pas dans l'examen de tous ces points de détail.

Nous ferons seulement observer que le règlement néerlandais définit, dans ses articles 61 et suivants, la responsabilité des transporteurs en cas de retard, perte ou avaries de la marchandise.

Responsabilité. — En France, les contestations entre les expéditeurs ou destinataires et les compagnies sont réglées conformément aux dispositions du titre VI du Code de commerce ; mais on sait à quelles difficultés d'interprétation ont donné lieu ces prescriptions, rédigées à une époque à laquelle on ne songeait pas encore aux chemins de fer.

Le Code de commerce français existe également dans les Pays-Bas, et, bien qu'un simple arrêté royal reste nécessairement subordonné à l'autorité supérieure de la loi, le règlement du 9 janvier 1876 a été accepté d'un commun accord par les compagnies et le public, comme devant servir de base à l'appréciation exacte des droits de chacun.

L'instruction des réclamations a été, par suite, singulièrement facilitée, au grand avantage de tous.

Nous signalerons une disposition fort importante de ce règlement :

En cas de perte d'un colis, l'expéditeur ne peut réclamer plus de 30 florins par 50 kilog., soit 1fr,27 par kilogramme manquant, à moins qu'il n'ait indiqué la plus-value sur la lettre de voiture et payé, en sus du tarif, une prime d'assurance de 1/10 p. 1.000 de la valeur déclarée.

Tarifs. — Nous nous bornerons à comparer les tarifs français avec ceux de la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État seulement, attendu que nous n'avons pu nous procurer que des renseignements fort incomplets sur les tarifs des autres compagnies.

On se plaint en France de la complication du *Recueil Chaix;* ce prétendu inconvénient n'existe pas dans les Pays-Bas, vu qu'il n'y a point de recueil général des tarifs. La plupart des compagnies se bornent à afficher les tarifs un mois avant la mise en vigueur, ainsi que la loi l'exige, puis les affiches restent ou disparaissent. L'expéditeur qui veut connaître un prix de transport doit généralement s'adresser à la compagnie, et, pour peu qu'il ait à remettre une certaine quantité de marchandises, il lui sera possible d'obtenir un prix particulier.

La comparaison des tarifs de la compagnie du chemin de fer de l'Est avec ceux du chemin de fer de l'État Néerlandais, donne les résultats ci-après :

Voyageurs. — Les bases kilométriques sont, à très-peu près, les mêmes dans les deux pays ; les différences sont

de $0^{fr},006$ pour la 1re classe, de $0^{fr},001$ pour la 2e, en faveur du tarif français; pour la 3e classe, de $0^{fr},002$ en faveur du tarif néerlandais.

Malheureusement pour les chemins français, l'État a ajouté aux taxes de la compagnie un impôt considérable s'élevant à près de 23 p. 100 desdites taxes; les prix perçus en France se trouvent, par suite, supérieurs à ceux qui existent dans les Pays-Bas, mais on ne saurait rendre les compagnies françaises responsables de la différence.

Pour les billets aller et retour, il y a, malgré l'impôt, similitude presque complète entre les bases de perception dans les deux pays; la réduction volontaire consentie par la compagnie française est donc notablement plus forte que celle qu'accorde la Société néerlandaise.

Bagages. — Aucune franchise n'est accordée dans les Pays-Bas pour le transport des bagages; cette différence de traitement représente une augmentation très-réelle du prix de transport des voyageurs.

L'arrêté royal du 9 janvier 1876 déclare, en outre, que l'on ne doit considérer comme bagages que les objets emportés par le voyageur pour ses besoins personnels, tels que coffres, sacs, valises et autres colis analogues; — les grandes caisses, tonneaux, meubles, etc., qui ne peuvent être considérés comme nécessaires au voyage, ne sont pas admis comme bagages.

Il n'en est pas de même en France, où l'on transporte comme bagages les objets les plus divers en accordant, de plus, une franchise de 30 kilog.; il en résulte une perte d'argent pour les compagnies, et pour le public une perte de temps due à l'encombrement des fourgons.

Messagerie. — Le régime, dans les deux pays, est sensiblement le même, au point de vue des taxes: le tarif français, impôt compris, est encore plus avantageux pour les petites distances que le tarif néerlandais; pour de longs parcours, c'est l'inverse qui a lieu. Nous remarquerons, en

outre, que dans les Pays-Bas, sauf pour les paquets de moins de 5 kilog., la viande et le poisson, les transports de messagerie n'ont lieu qu'une fois dans les vingt-quatre heures, tandis qu'en France il y a autant de départs par jour qu'il y a de trains contenant des voitures de toutes classes.

Marchandises de petite vitesse. — Les Pays-Bas sont sillonnés en tous sens par des voies navigables excellentes; la batellerie possède un matériel considérable, avec lequel elle fait, depuis des siècles, tous les transports du pays. Les chemins de fer se sont trouvés ainsi en face d'une redoutable concurrence, et ils ont été conduits à réduire, autant que possible, leurs tarifs de petite vitesse; malgré cette circonstance, les tarifs français supportent parfaitement la comparaison avec ceux des Pays-Bas.

La Société d'exploitation a adopté le mode de classification de l'Alsace-Lorraine : une série unique pour les charges incomplètes, trois séries A, B, C pour les charges complètes; la manutention, au départ et à l'arrivée, reste à la charge des expéditeurs.

Ce système est très-onéreux pour la masse du public, qui ne peut former des wagons complets.

Les taxes des quatre séries néerlandaises sont différentielles; mais l'application du système est autre que celle qui a été faite par la compagnie de l'Est et la plupart des compagnies françaises.

On appelle en général *tarif différentiel* un tarif dont la base décroît quand la distance augmente : en France, la base la plus réduite s'applique à la distance entière; dans les Pays-Bas, on taxe successivement les parcours partiels, d'après la base correspondante à chacun d'eux.

Supposons un tarif dont les bases soient les suivantes :

0fr,08 pour un parcours de	0 à 100 kil.
0fr,05 pour un parcours de	101 à 300 —
0fr,03 pour un parcours supérieur à .	300 —

Ce tarif, appliqué à un parcours de 400 kilom., donnera, sur le réseau de l'Est, 400 kil. à $0^{fr},03 = 12$ francs. Dans les Pays-Bas on comptera :

100 kil.	à $0^{fr},08$	=	8 fr.
200 —	à $0^{fr},05$	=	10 —
100 —	à $0^{fr},03$	=	3 —
	En tout. . .		21 fr.

Le système français est donc plus libéral.

Comme résultat général, nous trouvons dans le compte rendu de la Société d'exploitation pour 1876, que le tonnage moyen des marchandises transportées sur le réseau de l'État néerlandais s'est élevé, par kilomètre, à 96.900 tonnes ayant produit une recette de 3.137 florins, soit une taxe moyenne de $0^{fl},0323$, c'est-à-dire de $0^{fr},068$ par tonne et par kilomètre ; cette même année, la taxe moyenne perçue sur le réseau de l'Est n'a été que de $0^{fr},0591$.

Nos tarifs sont donc, en fait, moins élevés que ceux de la Hollande, et le public français n'a pas à regretter le système d'exploitation adopté dans les Pays-Bas.

Nous étions arrivés à la même conclusion pour ce qui concerne les intérêts de l'État.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL ET CONCLUSIONS.

L'étude des chemins de fer des Pays-Bas fait connaître tout d'abord l'existence de deux compagnies : celles du chemin de fer Hollandais et du chemin de fer Néerlandais-Rhénan, d'origine ancienne, en possession d'un trafic rémunérateur, et donnant à leurs actionnaires des dividendes assez élevés.

Il existe à côté de ces deux compagnies principales un certain nombre de sociétés moins importantes, comme le chemin de fer Central-Néerlandais, et celui de Boxtel à Gennep. La plupart de ces sociétés secondaires ont la plus grande portion de leur réseau à l'étranger : par exemple, les compagnies du Grand-Central Belge, de Liége à Maëstricht, etc.

Ces diverses concessions, grandes et petites, présentent les caractères communs suivants qui les distinguent nettement des chemins français. En premier lieu, elles sont perpétuelles, en ce sens que l'État, sauf le cas de déchéance, ne peut, à aucune époque, devenir propriétaire d'une ligne autrement que par voie de rachat. En France, au contraire, à l'expiration des concessions, l'État deviendra, sans bourse délier, propriétaire de tout le réseau.

En second lieu, les actes de concession néerlandais interdisent expressément l'établissement d'aucun impôt sur les transports par chemin de fer, pendant toute la durée des contrats. Le commerce est ainsi à l'abri des surtaxes de toute nature dont les transports ont été successivement grevés en France. Par contre, le trésor perd le bénéfice qu'il retire de ces divers impôts.

Le chemin Hollandais et le chemin Néerlandais-Rhénan ne sont soumis, par leurs cahiers des charges, à aucune sujétion à l'égard de l'État ; sur les autres lignes, les transports de la poste et des prisonniers se font gratuitement, et les militaires payent demi-tarif.

Toutes ces compagnies sont soumises au contrôle et à la surveillance du ministre de l'intérieur.

A côté d'elles se trouve le réseau des chemins de fer de l'État.

En 1860, le gouvernement, à défaut de concessionnaires offrant des garanties suffisantes, prit le parti de construire directement certaines lignes dont on réclamait l'exécution ; mais l'État ne voulut pas se charger de l'exploi-

tation, considérant que ce système présentait beaucoup plus d'inconvénients que d'avantages, et il conclut, à la date du 11 août 1863, un premier contrat par lequel il affermait ses lignes à la Société d'exploitation.

L'application de cette convention ne donna pas de résultats satisfaisants; nous avons vu que la Société n'avait aucun intérêt à développer le trafic, puisque les accroissements de recettes profitaient, pour ainsi dire, uniquement à l'État, tandis que l'augmentation des dépenses était entièrement à la charge de l'exploitant. Un nouveau traité intervint à la date des 24-25 mai 1876. L'article 1er de ce traité dit que la Société se charge de l'exploitation de certaines lignes déterminées et qu'elle s'engage, en outre, à exploiter toutes les lignes dont l'État jugerait ultérieurement la construction nécessaire ou qu'il croirait devoir racheter à leur propriétaire primitif.

Le système paraît donc adopté définitivement dans les Pays-Bas : l'État construit les lignes, la Société fournit le matériel et se charge de l'exploitation moyennant une certaine part dans les recettes ; l'excédant appartient à l'État.

Nous avons vu que ce contrat, appliqué aux résultats de l'exploitation du réseau de l'Est en 1875, aurait entraîné, pour l'État, une perte d'environ 22.600.000 francs, et qui aurait dépassé 150 millions de francs pour l'ensemble du réseau français.

Pour ce qui concerne le public, la taxe perçue par tonne et par kilomètre sur les lignes de l'État Néerlandais s'est élevée, en 1876, à 0fr,068 ; — sur le réseau de l'Est, elle n'a été que de 0fr,059.

Le système adopté en France a donc donné, tant au point de vue des intérêts de l'État que de ceux du public, des résultats meilleurs que la combinaison pratiquée en Hollande, et nous pensons que si, dans les Pays-Bas, le mode de procéder admis n'avait pas été, en quelque sorte, imposé par les circonstances, on aurait certainement pré-

féré réduire l'intervention de l'État à des proportions bien moins importantes.

Paris, 15 octobre 1877.

Nous ne saurions terminer cette Étude sans mentionner l'extrême obligeance avec laquelle MM. les fonctionnaires des administrations Néerlandaises, et particulièrement MM. S'Jacob, directeur général, et Vrolik, secrétaire de la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État, ont bien voulu nous fournir les documents et les explications qui nous étaient nécessaires.

Nous sommes heureux de pouvoir témoigner ici à ces messieurs toute notre reconnaissance.

CHEMINS DE FER DES PAYS-BAS.

général des concessions de chemins de fer accordées dans les Pays-Bas.

…ATION DES LIGNES.	DATE de la concession.	SOCIÉTÉ propriétaire.	SOCIÉTÉ exploitante.	OBSERVATIONS.
Année 1836.				
…dam-Harlem.	1er juin. . . .	Chemin de fer Hollandais .		»
Année 1838.				
…dam-Utrecht-Arnhem. . .	30 avril. . . .	Néerlandais-Rhénan.		La ligne, construite d'après l'arrêté du 30 avril 1838, n'est passée au Néerlandais-Rhénan qu'en 1845.
Année 1840.				
…-Rotterdam.	22 juin. . . .	Chemin de fer Hollandais .		»
Année 1846.				
…richt à la frontière prussienne vers Aix-la-Chapelle. .	13 février. . .	Aix-la-Chapelle Maëstricht.	Grand-Central Belge.	»
Année 1852.				
…re belge vers Anvers ou …dach-Diep.	21 juillet. . . .	Anvers-Rotterdam.	Grand-Central Belge.	»
Année 1853.				
…richt à la frontière belge, …s Hasselt.	30 juillet. . .	Aix-la-Chapelle Maëstricht.	Grand-Central Belge.	»
Année 1856.				
…richt à la frontière belge, …s Visé.	30 juillet. . .	Liége-Maëstricht.		»
Année 1858.				
…mar à la frontière prussienne, vers Rheine	15 mars. . . .	Néerlandais-Hanovrien.	»	La concession a été retirée par décret du 2 août 1858.
…cht-Zwolle.	17 juillet. . .	Central-Néerlandais.		»
Année 1859.				
Néant.			. . . .	

Relevé général des concessions de chemins de fer accordées dans les Pays-Ba

DÉSIGNATION DES LIGNES.	DATE de la concession.	SOCIÉTÉ propriétaire.	SOCIÉTÉ exploitante.	OBSERVATI
Année 1860.				
Scheveningen-Wœrden.	24 avril. . . .	»	»	Voir au 7 avri
Arnhem-Leeuwarden.	18 août. . . .	État.	Société d'exploitation	»
Harlingen à la frontière hanovrienne.	Idem.	Idem.	Idem.	»
Groningue-Meppel.	Idem.	Idem.	Idem.	»
Zutphen à la frontière allemande avec 1 ou 2 embranchements.	Idem.	Idem.	Idem.	»
Maëstricht à Breda.	Idem.	Idem.	Idem.	»
Rosendaal a Flessingue..	Idem.	Idem.	Idem.	»
Venlo à la frontière prussienne.	Idem.	Idem.	Idem.	»
Utrecht à Boxtel.	Idem.	Idem.	Idem.	»
Rotterdam à Breda.	Idem.	Idem.	Idem.	»
Amsterdam au Nieuwe-Diep. . .	Idem.	Idem.	Chemin Hollandais.	»
Année 1861.				
Almelo-Salzberg.	23 juin. . . .	Almelo-Salzberg.	Société d'exploitation	»
Année 1862.				
Néant.				
Année 1863.				
Zwolle-Kampen.	14 mars. . . .	Central-Néerlandais.		»
Neuzen à la frontière belge, vers Saint-Nicolas.	10 avril. . . .	»	»	Sans suite, 10 juin 1868.
Amsterdam-Nykerk.	22 juillet. . .	»	»	Sans suite.
Année 1864.				
Eindhoven à la frontière belge, vers Hasselt.	9 avril. . . .	Liégeois-Limbourgeois	Société d'exploitation	»
Sluiskill à la frontière belge, vers Gand.	19 avril. . . .	Société générale d'exploitation belge.		»
Venlo à la frontière prussienne, vers Kampen.	24 mai. . . .	État.	Rhénan-Prussien.	»
Nimègue à la frontière prussienne, vers Kranenburg. . .	4 juin. . . .	Chemin de fer de Nimègue.	Idem.	»
Tilbourg à la frontière belge. .	4 novembre..	Nord de la Belgique.	Grand-Central Belge.	»
Tilbourg à Nimègue.	22 décembre.	»	»	Sans suite, 8 décembre 1
Année 1865.				
Harlem au chemin de fer de l'Etat, situé dans la Hollande septentrionale (Uitgeest). . . .	28 avril. . . .	Chemin de fer Hollandais.		
Scheveningen-Almelo.	9 mai.	»	»	Concession retir arrêté du 13 1868.
Amsterdam-Amersfoort.	Idem.	»	»	

général des concessions de chemins de fer accordées dans les Pays-Bas (suite).

…ATION DES LIGNES.	DATE de la concession.	SOCIÉTÉ propriétaire.	SOCIÉTÉ exploitante.	OBSERVATIONS.
…am au Hoek van Holland.	9 août.	»	»	Cette ligne sera construite par l'Etat, d'après la loi du 10 novembre 1875.
…n-Breukelen.	27 novembre.	»	»	Sans suite, voir au 27 mai 1867.
…dam à Rotterdam par Al-…	13 décembre.	»	»	Sans suite.
Année 1866.				
…m au Hoek van Hol-…	28 février. . .	»	»	Cette ligne sera construite par l'Etat, d'après la loi du 10 novembre 1875.
Année 1867.				
…rdam-Apeldoorn, frontière …ienne.	20 février. . .	»	»	Sans suite. La ligne, légèrement modifiée, a été concédée au chemin de fer Hollandais, le 4 avril 1870.
…den-Breukelen.	27 mai. . . .	Néerlandais-Rhénan.		»
…-La Haye.	Idem.	Idem.		»
…à la frontière prussienne, … Straelen.	11 septembre.	Cologne-Minden.		»
Année 1868.				
…dam à Rotterdam, par …n.	6 mai.	»	»	Sans suite.
… à la frontière belge, … Saint-Nicolas.	10 juin. . . .	»	»	»
…à Baarle-Nassau.	28 septembre.	»	»	Sans suite.
…ye à Utrecht par Alphen …mbranchement.	7 octobre. . .	»	»	Idem.
Année 1869.				
…l à Gennep et à la fron-…e prussienne.	24 février. . .	Chemin de fer Brabançon Septentrional Allemand.		»
…e à Almelo.	25 février. . .	»	»	Sera construit par l'Etat, d'après la loi du 10 novembre 1875.
…urg à Langstraat.	8 avril. . . .	»	»	Sans suite.
…urg à Nimègue.	21 mai.	»	»	Voir 8 décembre 1871.
Année 1870.				
…erdam à Zutphen avec em-…nchement sur Utrecht. . .	4 avril.	Chemin de fer Hollandais.		»

Relevé général des concessions de chemins de fer accordées dans les Pays-B

DÉSIGNATION DES LIGNES.	DATE de la concession.	SOCIÉTÉ propriétaire.	SOCIÉTÉ exploitante.	OBSERVAT
Année 1871.				
Zevenbergen-Zwaluwe.	10 mai. . . .	»	»	Construit par d'après la 21 mai 1873.
Tilbourg à Nimègue.	8 décembre. .	Chemin de fer Sud-Est Hollandais.		En constructi
Année 1872.				
Zutphen à Winterswyk et à la frontière prussienne.	27 mars. . . .	Hollando-Westphalien.	Chemin de fer Hollandais.	Voir 15 octob Ces trois co sont devenus unique de à Bochott.
Zutphen à la frontière prussienne, vers Bocholt.	18 avril. . . .			
Winterswyk à la frontière prussienne, vers Bocholt.	15 octobre. . .			
Année 1873.				
Leyde à Wœrden.	7 avril. . . .	Leyden à Wœrden.	Néerlandais-Rhénan.	En constructio
Rotterdam-Arnhem.	1er mai. . . .	»	»	Cette ligne, au groupe Ph ne sera pa struite.
Arnhem-Nimègue.	21 mai. . . .	État.	Soc. d'explon	En construct
Zevenbergen-Zwaluwe.	Idem.	Idem.	Idem.	Sans suite. La Groningue sera const l'État. Loi d vembre 1873.
Groningue Baflo et embranchements.	30 septembre.	»	»	
Anvers-Gladbach (partie néerlandaise).	6 décembre. .	Nord de la Belgique.	»	En constructio
Année 1874.				
Wœndsrecht à la frontière belge vers Anvers.	9 mai.	Anvers-Rotterdam.	Grand-Central Belge.	En constructi
Arnhem à la frontière prussienne, vers Munster.	15 mai. . . .	Idem.	»	Concédée au Philippart. Ne sera pas co
Année 1875.				
Almelo à Zwolle.	10 novembre.	État.	Société d'exploitation	Les trois lign concédées à la d'exploitation vaient être au chemin dais; mais le bres n'ont pa la convention à ce sujet.
Dordrecht à Elst.	Idem.	Idem.	Idem.	
Amersfoort à Nimègue.	Idem.	Idem.	?	
Zaanstrecht à Enkhuisen.	Idem.	Idem.	?	
Stavoren à Leeuwarden.	Idem.	Idem.	Société d'exploitation	
Nimègue à Venlo.	Idem.	Idem.	Idem.	
Rotterdam au Hoek van Holland.	Idem.	Idem.	?	
Zwaluwe à Bois-le-Duc.	Idem.	Idem.	Société d'exploitation	
Groningue à Delfzyl.	Idem.	Idem.	Idem.	
Année 1876.				
Néant.				

CHEMINS DE FER DES PAYS-BAS..

…tion générale des chemins de fer dans les Pays-Bas, au 1er janvier 1877.

…ATION DES LIGNES.	LONGUEUR.	OBSERVATIONS.
…1er. — Réseau de la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État.		
(a) Lignes en exploitation.	kilomètres.	
… Leeuwarden par Zutphen …	169	Loi du 18 août 1860.
… à la frontière du Hanovre …arden et Groningue.	127	Idem.
…Groningue.	77	Idem.
… la frontière prussienne par … et Enschedé.	60	Idem.
…ère allemande, près Ens-… à Gronau.	3	Tronçon appartenant en commun aux compagnies de Munster à Enschedé et de Dortmund à Enschedé.
… à Breda, par Venlo et …	180	Loi du 18 août 1860.
… Utrecht.	60	Id.
…at et Moerdyck.	48	Id.
… à Flessingue.	76	Id.
… à Zevenbergen.	8	Loi du 21 mai 1873.
…Salzberg.	55	Appartient à la Société du chemin de fer d'Almelo-Salzberg; 22 kilomètres sont situés sur le territoire allemand.
…geois-Limbourgeois (Eind-…sselt-Liége).	137	Appartient à la Société du chemin de fer Liégeois-Limbourgeois; 118 kilomètres sont situés sur le territoire belge.
(b) Lignes en construction ou à construire.		
… à Rotterdam.	5	Loi du 18 août 1860. Cette ligne, qui comprend la traversée de Rotterdam, a été ouverte au printemps de 1877.
… Nimègue.	20	Loi du 21 mai 1873.
…Zwolle.	47	Loi du 10 novembre 1875.
… à Elst.	90	Idem.
…en à Stavoren.	50	Idem.
… à Venlo.	64	Idem.
… à Bois-le-Duc.	44	Idem.
…e à Delfzyl.	32	Idem.
(c) Lignes rétrocédées par la Société générale d'exploitation.		
… la frontière prussienne, vers …kirchen.	3	Loi du 18 août 1860. Rétrocédée au chemin de fer Rhénan-Prussien et au chemin de fer de Berg et Marche.

RÉSUMÉ.

Lignes en exploitation.	sur le territoire néerlandais.	857 kilom.
	sur le territoire belge.	118
	sur le territoire allemand.	25
Ligne cédée.		3
		1.003 kilom.
Lignes en construction sur territoire néerlandais.		352
Longueur totale du réseau concédé.		1.355 kilom.

Situation générale des chemins de fer dans les Pays-Bas, au 1er janvier 18

DÉSIGNATION DES LIGNES.	LONGUEUR.	OBSERVATIONS.
§ 2. — Chemin de fer Hollandais.		
(a) Lignes en exploitation.		
	kilomètres.	
Amsterdam à Harlem, La Haye et Rotterdam.	85	»
Harlem à Uitgeest.	18	»
Amsterdam à Hilversum. Amersfoort à Zutphen. Hilversum à Utrecht.	126	»
Zaandam au Nieuwe-Diep (Helder).	71	Exploitation au compte de l'État qui a co ligne d'après la loi du 18 août 1860.
(b) Lignes en construction.		
Amsterdam à Zaandam.	13	Construit par l'État. — Loi du 18 août 18
Zutphen à Bocholt.	50	Appartient à la compagnie du chemin de lando-Westphalien.

RÉSUMÉ.

Lignes en exploitation.	300 kilom.
Lignes en construction.	63
Longueur totale du réseau.	363 kilom.

DÉSIGNATION DES LIGNES.	LONGUEUR.	OBSERVATIONS.
§ 3. — Chemin de fer Néerlandais-Rhénan.		
(a) Lignes en exploitation.		
Amsterdam à Utrecht. Arnhem à Zevenaar.	111	Non compris 16 kilomètres situés sur le allemand.
Rotterdam-Gouda-Utrecht.	53	»
Gouda-La Haye.	29	»
Harmelen-Breukelen.	9	»
(b) Lignes en construction.		
Leyde à Wœrden.	32	Appartient à la compagnie de Leyde à mais sera exploitée par le chemin de fer dais-Rhénan.

RÉSUMÉ.

Lignes en exploitation.	202 kilom.
Lignes en construction.	32
Longueur totale du réseau Néerlandais-Rhénan.	234 kilom.

DÉSIGNATION DES LIGNES.	LONGUEUR.	OBSERVATIONS.
§ 4. — Chemins de fer Grand-Central Belge (partie néerlandaise).		
(a) Lignes en exploitation.		
Frontière belge à Moerdyk. Rosendaal à Breda.	55	»
A reporter.	55	

...ation générale des chemins de fer dans les Pays-Bas, au 1er janvier 1877 (suite).

...ÉSIGNATION DES LIGNES.	LONGUEUR.	OBSERVATIONS.
	kilomètres.	
Report.	55	»
...ère belge à Tilbourg.	22	»
...à Aix-la-Chapelle, de la frontière belge à la frontière allemande.	35	»
(*b*) Lignes en construction.		
...à Gladbach, de la frontière ...à la frontière allemade. . . .	30	»
...recht à la frontière belge, ...Eckeren.	15	»

RÉSUMÉ.

Lignes en exploitation.	112 kilom.
Lignes en construction.	45
Longueur totale du Grand-Central Belge (partie néerlandaise).	157 kilom.

§ 5. — **Chemin de fer Central Néerlandais.**

...-Amersfoort-Zwolle-Kampen. .	101	En exploitation.

§ 6. — **Lignes diverses.**

...frontière belge à Maëstricht. .	12	En exploitation. Appartient à la compagnie de Liége à Maëstricht.
...à la frontière belge, vers Gand.	14	En exploitation. Appartient à la Société générale d'exploitation (compagnie belge).
...à la frontière prussienne, ...Clèves.	15	En exploitation. Appartient à la compagnie de Nimègue à Clèves et est exploitée par le chemin de fer Rhénan-Prussien.
...à la frontière belge, vers ...-Nicolas.	23	En exploitation. Appartient à la Société du chemin de fer international de Malines-Terneuzen.
...à la frontière prussienne, vers ...elen.	5	En exploitation. Appartient à la compagnie de Cologne-Minden (compagnie prussienne).
...à la frontière prussienne, vers	62	En exploitation. Appartient à la compagnie du chemin de fer Brabançon Septentrional Allemand.
...rg à Bois-le-Duc et à Nimègue.	48	En construction. Appartient à la compagnie du chemin de fer Sud-Est Hollandais.
...oort à Nimègue.	54	Les trois lignes ci-contre, à construire par l'Etat, d'après la loi du 10 novembre 1875, devaient être exploitées par la compagnie du chemin de fer Hollandais; mais la convention destinée à régler les conditions de cette exploitation n'a pas été approuvée par la Chambre.
...am à Enkhuisen.	50	
...am au Hoek van Holland, ...luis).	13	
...am à Arnhem et à la frontière ...ienne.	167	Cette ligne, concédée à la compagnie du chemin de fer de Rotterdam à Munster, qui faisait partie des entreprises Philippart, ne sera probablement pas construite.

RÉSUMÉ.

Lignes en exploitation.	69 kilom.
Lignes en construction.	227
Lignes concédées.	167

Situation générale des chemins de fer dans les Pays-Bas, au 1er janvier 1877 (sui

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

DÉSIGNATION des compagnies.	LONGUEUR			OBSERVATIONS.
	en exploitation.	en construction ou concédée.	Total.	
	kilomètres.	kilomètres.	kilomètres.	
Société d'exploitation.	1.003 (1)	362	1.365	(1) Dont 25 sur territoire allemand, 1 sur territoire belge et 3 rétrocédés au che-min Rhénan-Prussien. (2) Non compris 16 kilomètres sur te-ritoire allemand. (3) Partie néerlandaise du chemin d fer Grand-Central Belge. (4) Y compris 167 kilomètres de Rott-dam-Munster qui ne seront probabl pas construits.
Hollandais.	300	63	363	
Néerlandais-Rhénan. .	202 (2)	32	234	
Grand-Central Belge(3).	112	45	157	
Central Néerlandais. .	101	»	101	
Compagnies diverses. .	69	394 (4)	463	
Totaux.	1.787	896	2.683	

TABLE DES MATIÈRES.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CHRONIQUE.

Avril 1878.

N° 20

Union des chemins de fer allemands. — Statistique. — Cette Union technique comprend presque tous les chemins de fer de l'Empire d'Allemagne, d'Autriche, de Hongrie, de Roumanie et quelques-uns en Belgique et en Hollande. Le réseau a une longueur de 47.750 kilomètres répartis ainsi qu'il suit (1875) :

	kilomètres.
Chemins de fer allemands	27.390
— de l'Autriche-Hongrie	16.810
— étrangers	3.550
Total	47.750

L'accroissement du réseau de l'Union comparé à 1874 est de 7 3/4 p. 100.

La longueur moyenne exploitée pendant l'année 1875 a été de 46.560 kilomètres.

La proportion de lignes à double voie est de 23 7/8 p. 100 pour l'Union : cette proportion est de 33,7 pour l'Allemagne, 10 pour l'Autriche-Hongrie et 14,5 pour les autres pays.

Le nombre de locomotives en marche sur ce réseau est de 14.001; il se répartit comme suit :

Locomotives à quatre roues	238
— à six roues	11.632
— à huit roues	729
Locomotives-tenders	1.402
Total	14.001

Ce nombre représente 0,291 locomotive par kilomètre exploité, soit encore une locomotive par $3^{km},40$.

Le trajet parcouru par ces locomotives est de 386.639.500 kilomètres soit, en moyenne 27.620 kilomètres par locomotive.

Le nombre des voitures de voyageurs s'élevait à 26.397 comprenant 20.151 voitures à quatre roues, 5.564 à six roues et 682 à huit roues. Le nombre des places comprises dans ces voitures est de 1.114.590, soit 42,2 par voiture. Ces places sont distribuées ainsi: 21,5 p. 100 de 1e classe, 57 p. 100 de 2e et de 3e classe et 15,5 p. 100 de 4e classe. La proportion des places occupées pendant la circulation des voitures est de 23,17 p. 100. La distance moyenne parcourue par une voiture est de 33.020 kilomètres et le maximum s'est élevé à 56.690.

Le nombre des wagons de marchandises est de 287.006 dont 2.127 sont à 8 roues, 5.875 à 6 roues et le reste, soit 0,97 p. 100 à 4 roues : la charge moyenne que peut supporter chacun d'eux est de 9.500 kilogrammes, la charge moyenne effective a été 41,5 p. 100 de la charge maxima. La distance moyenne parcourue par un wagon a été de 13.750 kilomètres.

Ces divers renseignements sont extraits d'une statistique officielle de chemins de fer allemands.

Il peut être intéressant de citer les chiffres suivants qui sont fournis par la Railroad Gazette et qui ont été calculés par le professeur Stuermer de Bromberg : ils donnent le parcours kilométrique moyen par locomotive.

France (1873)	37.780
États-Unis (1875)	35.240
Grande-Bretagne (1875)	27.140
Allemagne (1875)	19.040
Autriche (1875)	18.830
Europe (1875)	24.680
Indes	21.560

Accident de chemins de fer. Angleterre. — Un rapport officiel du colonel Yolland sur des accidents de chemins de fer en Angleterre contient la relation d'une collision qui met en évidence l'importance du choix d'un système de freins.

Le 9 décembre 1877 une rupture d'attelage se produisit dans un train de la ligne du « *London and North Western Railway* » qui marchait avec une vitesse de 40 kilomètres. Ce train était composé d'une locomotive-tender, d'un wagon de marchandises, un wagon mixte, un fourgon à frein et six voitures dont la première et la dernière étaient munies de freins, mais il n'y avait de garde-frein que dans la dernière voiture. La rupture se produisit entre la locomotive et le premier wagon, le mécanicien ralentit la marche de sa machine lorsqu'il s'aperçut de l'accident et la réduisit à 15 kilomètres, mais la voie présentait alors une pente de

1 sur 290 et le train se précipita sur la machine : le mécanicien chercha à éviter la collision en reprenant de la vitesse, mais trop tard. Six voyageurs et deux employés furent blessés.

Le colonel Yolland, après quelques considérations générales, fait remarquer que l'accident n'eût pas pu se produire si le train avait possédé un frein *automatique* dont le fonctionnement se fût produit aussitôt après la rupture de l'attelage.

Le chauffage des bandages de roues. — Les *Annales industrielles* contiennent les renseignements suivants sur le chauffage des bandages de roues tel qu'il s'effectue en Russie et qui, d'après M. Schubert, ingénieur des chemins de fer de Moscou à Nijni, donne de très-bons résultats.

Dans les ateliers de cette ligne de chemins de fer on plonge les bandages des roues à l'aide d'une petite grue mobile, dans un réservoir en tôle rempli d'eau que l'on porte à l'ébullition en y faisant arriver de la vapeur provenant d'une chaudière placée dans le voisinage. Après 10 minutes d'immersion, les bandages sont immédiatement placés sur les roues. Dans une journée de 11 heures, trois hommes peuvent placer de 12 à 14 bandages.

La différence entre le diamètre intérieur du bandage et le diamètre de la roue doit être de $0^{mm},75$ par mètre : on doit apporter une grande précision à cette détermination.

Les bandages sont chauffés de cette manière bien plus régulièrement qu'à feu nu ; le retrait se fait aussi plus uniformément. C'est là sans doute la cause des résultats favorables observés par M. Schubert. En six ans sur la ligne de Moscou à Nijni, les bandages chauffés à feu nu ont donné 5 p. 100 de ruptures et 7 p. 100 ont pris du jeu sur la roue ; les bandages chauffés à l'eau bouillante n'ont donné qu'une rupture et moins de 1 p. 100 ont pris du jeu sur la roue.

Les eaux du Danube et de l'Aach. — Une curieuse expérience vient d'être faite pour résoudre une discussion pendante entre des usiniers riverains, les uns du Danube, les autres de l'Aach, rivière tributaire du lac de Constance ; la distance qui sépare ces deux rivières est de 14 kilomètres environ et les sources de l'Aach sont à 150 mètres plus bas que le niveau du Danube. Ce dernier coule sur un lit de calcaire correspondant à une assise dont l'inclinaison est la même que celle qui serait déterminée par la ligne qui joindrait le Danube aux sources de l'Aach. Comme d'autre part le lit du Danube est crevassé, fendillé et que l'on avait observé

que ce fleuve perd une notable partie de ses eaux dans cett région, il était naturel de penser que l'Aach était alimentée pa ces infiltrations ; le fait était d'autant plus probable qu'entre l Danube et l'Aach le sol est perméable et absorbe un grand nombr de sources et de petits cours d'eau que l'on y rencontre.

Les usiniers, riverains du Danube, à qui l'eau manquait da les temps de sécheresse, voulurent maintenir le niveau et cherchè rent à prévenir les fuites en bouchant les trous et aveuglant le crevasses. Mais les usiniers de l'Aach élevèrent des réclamatio prétendant que l'on nuirait ainsi à l'alimentation de ce cour d'eau. Il fallut alors rechercher un moyen de prouver si, oui o non, les eaux du Danube passaient dans l'Aach.

Pour résoudre cette question, le professeur Knapp, de Carl ruhe, proposa de mettre en dissolution du sel marin dans les ea du Danube, et de voir si cette substance apparaîtrait dans l'Aac A cet effet, on employa 10.000 kilogrammes de sel que l'on pla dans une cavité du lit du Danube. Les analyses des eaux de l'Aa répétées à diverses reprises pendant plusieurs heures montrère qu'elles contenaient du sel en proportion supérieure à l'ét normal. D'autre part, M. Ten Brink proposa de mettre à profit l pouvoir colorant considérable de la *fluorescine*, qui est tel, que partie de ce corps peut être reconnue dans 20.000.000 parti d'eau.

Le 9 octobre 1877, à 5 heures du soir, on versa dans le Danu 50 litres environ d'une dissolution de fluorescine ; le 12 octob les observateurs s'assurèrent que les eaux de l'Aach étaient colo rées ; il avait fallu 60 heures pour que les eaux colorées trave sassent le sol : la coloration augmenta dans cette journée du mat au soir et fut nettement visible jusqu'au 13 octobre à 3 heur du soir. Il ne pouvait y avoir aucun doute et l'Aach est aliment au moins en partie, par les eaux du Danube.

Bien que ce procédé ne soit susceptible que de trouver de rares applications, il pourrait être employé utilement dans quelques circonstances spéciales, et il méritait d'être signalé.

N° 21

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. HOMBERG,

Inspecteur général des ponts et chaussées en retraite,

Par M. H. ROUSSELLE,
Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

M. Henri-Eugène Homberg, né à Paris le 27 avril 1804, a été reçu à l'École polytechnique en 1824 et classé à sa sortie dans le corps des ponts et chaussées.

Après avoir accompli à Bayonne, en 1828, et au Havre, en 1829, deux missions pendant lesquelles il eut l'occasion de collaborer utilement à d'importants travaux à la mer, il fut chargé du service de l'arrondissement de Troyes. En 1831, un voyage qu'il fit en Angleterre lui permit d'étudier la construction et l'exploitation des chemins de fer, de visiter les travaux des docks de Liverpool et ceux du pont suspendu du Menai, entre l'Angleterre et l'île d'Anglesey. Au retour de cette courte exploration, pendant laquelle il avait recueilli des notes et des dessins d'un grand intérêt, M. Homberg fut placé sous les ordres de M. Navier; il devait seconder ce savant maître dans les expériences dont il était chargé par M. le ministre des travaux publics, afin de constater l'effort du tirage des voitures suivant le mode de construction et l'état des routes. L'utile concours fourni par le jeune ingénieur a été mentionné dans un mémoire que M. Navier a publié pour rendre compte de sa mission.

Attaché en 1831 au service de l'arrondissement du Sud dans le département de la Seine, d'abord comme adjoint

de M. Coriolis, puis pour succéder à ce savant ingénieur, M. Homberg trouva, dès ses débuts, une éclatante occasion de montrer son courage et son dévouement. Aux premières approches de l'épidémie cholérique de 1832, l'administration avait reconnu la nécessité d'assainir les territoires de Grenelle et de Vaugirard, en faisant construire un égout de 2 kilomètres de longueur. La maladie sévissait avec la plus grande intensité lorsque les fouilles furent ouvertes au milieu des cloaques les plus infects. M. Homberg dirigea les travaux avec une fermeté parfaite, sans se laisser détourner de sa tâche par les premiers symptômes de la maladie dont il fut lui-même atteint.

Pendant les douze années qu'il passa au service ordinaire du département de la Seine, M. Homberg fut chargé de nombreux travaux parmi lesquels on peut citer la construction de deux ponts sur la Bièvre et d'intéressantes opérations d'assainissement. Sans cesser de se consacrer aux labeurs d'un service très-surchargé d'affaires, il recevait de l'administration des missions spéciales qu'il accomplissait de la manière la plus distinguée. Ainsi, en 1833, il était attaché à M. Defontaine pour étudier le tracé du chemin de fer de Lyon, entre Paris et Montereau; plus tard, en 1842 et 1843, il était chargé de compléter cette étude sous les ordres de M. de Sermet. De 1833 à 1844, il fut autorisé à être l'ingénieur de la compagnie des trois ponts, et il eut, en cette qualité, à refaire toute la charpente du pont des Arts, à réparer le pont d'Austerlitz et à construire, au lieu du pont en charpente de la Cité, une passerelle suspendue avec câbles en fil de fer.

M. Homberg, qui avait été élevé à la première classe en 1839, fut chargé, en septembre 1844, des fonctions d'ingénieur en chef. Il fut d'abord attaché au pavé de Paris et préposé au contentieux et à la comptabilité. En 1848, M. Prus, alors directeur du service, ayant été mis à la retraite, M. Homberg fut temporairement appelé à le sup-

pléer. Dans ces temps difficiles, il eut la pénible mission de rétablir les chaussées de Paris bouleversées par les barricades et de former, après les journées de juin, des ateliers réguliers avec les débris des ateliers nationaux.

A la fin de la même année, M. Darcy devenait directeur du service municipal de Paris et M. Homberg était placé sous ses ordres pour conduire la première division, celle de la rive droite de la Seine comprenant les travaux de toute espèce : chaussées, égouts, distributions d'eau, etc. En 1856, époque où le service des eaux et égouts forma une direction séparée, l'administration lui confia, dans toute l'étendue de Paris, le service de la voie publique; puis, en 1859, elle ajouta à ses attributions les services du nettoiement et de l'arrosage qui venaient d'être distraits de la préfecture de police. M. Homberg conserva ces fonctions si multiples et si étendues jusqu'en novembre 1865, époque à laquelle il fut promu au grade d'inspecteur général des ponts et chaussées. En 1858, lors de l'inauguration du boulevard de Sébastopol, il avait été nommé officier de la Légion d'honneur.

M. Homberg est donc resté vingt et un ans ingénieur de la ville de Paris. Pendant cette période où les ressources de toute espèce ont été employées à la transformation et à l'assainissement de la capitale de la France, il a pris une part considérable à cette œuvre colossale.

Dès 1850, il collaborait au renouvellement des anciennes machines de Chaillot, à la reconstruction d'une grande partie de l'aqueduc de ceinture et à l'établissement des égouts de grand type entrepris sous la rue de Rivoli, sous les boulevards de Strasbourg et de Sébastopol.

Plus tard il contribuait à la création de toutes les voies nouvelles de la rive droite de la Seine, et, après 1856, à la transformation de toutes celles de l'ancien Paris.

Il est difficile de dire quelle continuité d'efforts a été nécessaire pour mener à bonne fin des opérations aussi

coûteuses et auxquelles le gouvernement attribuait presque toujours le caractère d'une urgence exceptionnelle. Un des grands mérites de M. Homberg est d'avoir su, sans entraver l'impulsion donnée par l'administration supérieure, éviter les incorrections et le désordre qu'une précipitation excessive pouvait faire redouter; les projets étaient toujours préparés et revus avec le plus grand soin; la comptabilité, malgré l'élévation souvent excessive du chiffre des dépenses, était tellement à l'abri de toute critique, qu'elle fut prise comme modèle par d'autres services relevant de la préfecture de la Seine; les règles tutélaires de la comptabilité des ponts et chaussées furent en effet religieusement et constamment observées.

Les grands travaux ne détournaient pas M. Homberg des soins de l'entretien des chaussées; il porta même d'une manière toute spéciale ses efforts et son attention sur les questions qui s'y rattachent. L'extension donnée aux voies publiques et la concurrence créée par les travaux de terrassements et de maçonnerie faisaient monter d'une manière inquiétante le prix des matériaux destinés à la construction et à l'entretien des chaussées d'empierrement. M. Homberg s'efforça de trouver dans des régions lointaines ce que les environs de Paris ne pouvaient plus fournir en quantité suffisante; il rechercha et compara entre elles, au moyen d'essais patiemment conduits, les meilleures carrières de France et de Belgique et même de la Prusse rhénane et il introduisit sur les chaussées nouvelles les matériaux porphyriques et basaltiques qui constituent maintenant pour une grande partie le revêtement de nos chaussées; en même temps il perfectionna les procédés d'entretien en faisant faire à l'ébouage et au cylindrage des progrès d'une importance capitale. Il encouragea les premiers essais de la balayeuse rotative de M. Taillfer et contribua au perfectionnement de cette utile machine. Il réglementa le cylindrage à vapeur et prépara,

avec la compagnie Gellerat, les bases d'un marché qui a fixé les prix d'après le poids des appareils et l'espace parcouru par eux. C'est grâce à cette convention, dont la préparation soulevait de nombreuses difficultés, que la compagnie Gellerat a pu, avec sécurité, construire des rouleaux d'une puissance jusqu'alors inconnue.

La construction et l'entretien des chaussées pavées réclamaient, à un degré au moins égal, l'intervention aussi active qu'éclairée de l'ingénieur en chef de la voie publique de Paris. La principale source des approvisionnements de pavés neufs menaçait en effet de se tarir, car les meilleures carrières des environs de Paris étaient abandonnées; les prix tendaient vers des cours qui eussent été ruineux pour les finances municipales. M. Homberg eut à défendre les intérêts de la ville, non-seulement en achetant en Normandie, dans les Vosges et en Belgique les pavés qui lui étaient nécessaires, mais encore en soutenant, dans le rayon habituel de l'approvisionnement de Paris, l'industrie de la fabrication de pavés qui était sur le point de périr. C'est pour atteindre ce dernier but qu'il fut autorisé, sur sa proposition, à exploiter en régie l'une des meilleures carrières de la vallée de l'Orge, celle de Marcoussis. Une pareille tentative ne pouvait réussir que grâce à l'adoption de procédés nouveaux.

Avec le concours habile et dévoué de M. Vaissière, une machine à vapeur actionnant une sorte de grue roulante avec marteau-pilon fut installée à Marcoussis, et la fabrication bien dirigée produisit, d'une manière régulière, des pavés dont la forme et la qualité étaient tout à fait satisfaisantes. L'effet économique de cette mesure ne tarda pas à se faire sentir, et la ville put conclure, par voie d'adjudication et à des prix modérés, des marchés qui, venant s'ajouter aux ressources de la fabrication en régie, assurèrent l'approvisionnement normal des magasins municipaux.

La question sur laquelle les efforts de M. Homberg se concentrèrent de la manière la plus spéciale fut celle des asphaltes.

Les anciens ingénieurs n'ont certainement pas oublié tout le bruit qui se fit, vers 1835, autour de cette industrie. On émettait à cette époque des actions avec des prospectus si exagérés qu'ils étaient parodiés sur les théâtres et dans les petits journaux. L'agiotage était tel qu'un lot de dallage en bitume à faire sur la place de la Concorde fut adjugé avec un rabais de 99 p. 100.

Les ingénieurs de la ville ne pouvaient manquer d'avoir à combattre les tentatives de fraude et de sophistication qu'une concurrence aussi effrénée devait produire. M. Homberg comprit que, pour lutter victorieusement, il fallait connaître à fond tous les détails concernant la production et le mode d'emploi des matières que l'industrie nouvelle mettait en œuvre. Continuant les recherches de M. de Coulaine, il visita les carrières, fit des analyses multipliées et assista à toutes les phases de la préparation et de l'application des enduits bitumineux. Il démontra, contrairement à l'opinion précédemment exprimée par M. Partiot, que les produits factices dans lesquels le brai de gaz remplace les bitumes naturels, ne peuvent résister aux intempéries et par conséquent être employés sur les voies publiques. Il détermina, parmi les matières bitumineuses, celles qui sont le plus propres à être ajoutées au calcaire asphaltique réduit en poudre pour constituer les mastics. Plus tard, lorsque des propositions furent soumises à l'administration pour construire des chaussées en roche asphaltique comprimée, il étudia les meilleurs procédés de construction et guida les entrepreneurs dans le choix des matériaux qui devaient donner les résultats les plus sûrs.

En novembre 1865, M. Homberg a été appelé à siéger au conseil des ponts et chaussées, et il a été chargé de la 17ᵉ inspection, comprenant les départements de l'Allier, du

Puy-de-Dôme, de la Loire, du Rhône et de la Haute-Loire. En 1866, il fit une tournée spéciale pour parcourir les régions inondées par les crues de la Loire et de l'Allier. En dehors de ses travaux du conseil, il fut membre de plusieurs commissions importantes et particulièrement de celle qui étudia les mesures à prendre pour parer aux inondations.

En 1869, M. Homberg ayant atteint l'âge fixé par les règlements, dut faire valoir ses droits à la retraite.

M. Homberg a été membre du conseil de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Faisant partie du Comité des arts économiques, il avait à s'occuper surtout des inventions qui ont trait à la vie domestique. Il montrait dans ces fonctions une patience parfaite et une universalité de connaissances tout à fait remarquable. Parmi les inventeurs qui se présentaient à lui, il ne dédaignait ni les plus modestes, ni même les plus humbles, et donnait à tous des encouragements pleins de bienveillance et très-souvent des conseils et des indications fort utiles.

M. Homberg a épousé, en 1831, M[lle] Lamandé, fille et petite-fille d'ingénieurs qui ont illustré le corps des ponts et chaussées (*). Cette union lui donna une très-nombreuse famille dont il devint le chef aimé et vénéré.

Indifférent à toute recherche de bien-être pour lui-même, il prodiguait les plus tendres soins à ses enfants et petits-enfants et supportait avec la fermeté la plus sereine les fatigues, les soucis et les douleurs qu'une aussi riche paternité amène nécessairement avec elle.

Sa piété profonde, qui l'unissait étroitement à la com-

(*) M. Lamandé, grand-père de M[me] Homberg, a été ingénieur en chef de la généralité de Rouen et inspecteur général des ponts et chaussées. Son fils, mort inspecteur général en 1837, construisit, en 1806, le pont en fer d'Austerlitz; en 1807, le pont d'Iéna; en 1812, le pont de Rouen, et fut ingénieur en chef du département de la Seine.

pagne de sa vie, était rehaussée par deux vertus qui dominaient en lui toutes les autres : une bonté et une indulgence à toute épreuve, une charité inépuisable.

M. Homberg ne fut pas seulement un serviteur loyal et dévoué de son pays, mais il se consacra aussi à la bienfaisance et il en poursuivit l'accomplissement sous toutes ses formes et au prix de tous les sacrifices.

Sa santé s'étant altérée à la suite des événements de 1870, il eut à lutter pendant plusieurs années contre la maladie et, le 24 août 1876, après de longues et cruelles souffrances qu'il avait supportées jusqu'au dernier moment avec une fermeté d'âme et une patience inaltérables, il succomba doucement, entouré de sa famille, dans les sentiments de la plus touchante résignation chrétienne.

M. Homberg a laissé à ses enfants le plus riche patrimoine : l'exemple d'une existence pleine d'honneur et de vertu, consacrée au bien et au dévouement.

Dans le corps des ponts et chaussées, sa mort inspire les plus vifs regrets à tous ceux qui ont été ses collaborateurs ou ses subordonnés. Les services importants qu'il a rendus au pays par quarante années de labeur, les beaux travaux auxquels son nom reste attaché, les mémoires intéressants qu'il a publiés lui assurent, parmi les ingénieurs dont nous déplorons la perte, une place des plus honorables et des plus distinguées.

N° 22

MÉMOIRE

SUR

L'ALIMENTATION EN EAU DES AGGLOMÉRATIONS

DE

L'ARRONDISSEMENT DE LILLE

Par M. MENCHE DE LOISNE, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

CHAPITRE Ier.

1° Alimentation des villes industrielles de l'arrondissement de Lille en eaux potables.

L'arrondissement de Lille offre un exemple marqué des difficultés de l'alimentation des villes industrielles. Les rivières de la Lys, de la Deule, de la Marque ont des débits d'étiage de 4.000 litres, 2.000 litres et 150 litres par seconde et elles servent d'exutoire à de nombreuses fabriques. Les règlements de salubrité, qui ne peuvent être d'ailleurs que des palliatifs, sont souvent éludés, et les eaux des rivières, de bonne qualité pour l'industrie, sont impotables, même en les prenant en amont des villes. A Roubaix et à Tourcoing, le mal est encore plus grand : il n'existe qu'un ruisseau, le Trichon, prolongé par l'Espierre jusqu'à l'Escaut belge, dont le débit en été n'est guère que celui des eaux provenant de la condensation de la vapeur, de la teinture et du dégraissage des laines. Dans les agglomérations, dont la

densité augmente chaque jour, les eaux sous-jacentes sont localement viciées par les infiltrations de matières fécales.

L'alimentation de l'industrie s'effectuait elle-même dans de déplorables conditions. En 1816, l'eau du sable tertiaire où puisaient les machines, se tenait à Roubaix en moyenne à 12 mètres au-dessous du sol; le niveau, en 1858, était à 45 mètres. A Lille et dans la banlieue, l'industrie, en dehors du thalweg de la Deule, était alimentée péniblement par l'eau prise en galerie dans la craie.

Ainsi se posait tout à la fois comme question d'ordre public et d'hygiène, le problème de pourvoir aux besoins des ménages, de la voirie urbaine, de l'industrie, et l'on devait prévoir le rapide accroissement des agglomérations. Roubaix et Tourcoing comptaient déjà, en 1859, 3.101 chevaux-vapeur et Lille 7.000. Présentement, le nombre de chevaux-vapeur à Roubaix-Tourcoing atteint 12.000 et à Lille 10.000. Les établissements industriels dans ces trois villes dépassent le chiffre 820, dont 430 à Lille.

Or, aucune source prévue de quelque importance n'existe dans la région.

Préoccupé comme ingénieur du service hydraulique de l'alimentation de la ville de Lille, et persuadé que l'étude de l'hydrologie souterraine donnerait seule la clef du problème, je suivis les travaux de forage entrepris depuis 1849 dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. Grâce à l'obligeance des directeurs et ingénieurs des concessions houillères, notamment de MM. Bollaërt, Daubresse, Lisbet, Mathieu et Vuillemin, je pus compléter des recherches dont le compte rendu sera présenté dans le présent travail.

Constitution géologique du sous-sol et niveaux dans les arrondissements de Lille, Douai, Valenciennes et Béthune. La série des terrains rencontrés dans les fosses houillères est indiquée dans le tableau annexe n° 1, qui présente les changements introduits par M. Gosselet, professeur à la Faculté des sciences de Lille, et par les directeurs des ex-

ploitations houillères, dans les classifications données par M. l'ingénieur en chef Meugy, en son *Essai de géologie pratique de la Flandre française* (1852).

Le terrain jurassique, le terrain du trias, le grès des Vosges, sont partout en lacune. Si, de plus, on rapproche le document annexe n° 1 des coupes du sous-sol à Paris, on voit que l'épaisseur des terrains modernes, quaternaires, tertiaires, n'atteint en moyenne que 6 mètres, et celle des terrains crétacés, 143 mètres, tandis que, à Paris, au puits de Grenelle, l'épaisseur des terrains de la première catégorie est de 43 mètres et celle des terrains crétacés, non compris le Gault, de 465 mètres. La nappe aquifère du puits de Grenelle, entre les argiles du Gault et les argiles Aptiennes est, à Paris, environ à la cote —500 mètres; celle des sables du gault (le torrent), dans l'arrondissement de Valenciennes, est à la cote —121 mètres, par rapport au niveau de la mer.

La composition des terrains tertiaires diffère non moins essentiellement. Ainsi les marnes vertes, le gypse et les marnes gypseuses manquent; l'argile, qui forme la base des terrains tertiaires, ne contient que très-exceptionnellement des pyrites. Les causes de l'altération, à Paris, de la nappe immédiatement sous-jacente à ces terrains, ne se rencontrent donc pour ainsi dire pas.

Passons en revue les diverses nappes inférieures aux terrains quaternaires (Pl. 10 et 11, *fig.* 10-11).

Dans le terrain tertiaire, on rencontre le sable vert (landénien), qui repose sur des argiles compactes. On y trouve une première nappe de valeur moyenne. C'est là que puisaient, comme nous l'avons dit, les machines à vapeur de Roubaix et Tourcoing.

Le premier étage de la craie comprend : la craie sénonienne, sèche ou fendillée, et la craie à silex.

La craie sénonienne fendillée semble correspondre à d'anciennes falaises de la mer crétacée, et est très-aquifère.

La craie ou marne à silex contient toujours de l'eau. C'est à ce troisième niveau qu'il faut descendre pour alimenter les machines à vapeur sur les plateaux crayeux.

La roche compacte, support d'un niveau d'eau dans la craie, est appelée *tun* par les puisatiers. Le tun de la craie sénonienne (craie chloritée) n'a généralement que quelques centimètres d'épaisseur.

L'épaisseur du tun inférieur à la craie, où le phosphate de chaux domine, atteint jusqu'à 3m,50.

Les marnes à lits de stratification, dites *fortes toises*, appartiennent à l'étage de la craie marneuse, et l'on rencontre quelquefois dans les lits dits *plats bancs*, de grandes quantités d'eau qui ont pénétré par fissures. C'est un quatrième niveau, mais accidentel.

Le tourtia des mineurs du Pas-de-Calais, marne glauconifère avec cailloux roulés, succède à cet étage géologique. C'est le cinquième niveau, n'offrant que, dans de rares localités, une ressource d'alimentation.

C'est à ce niveau, néanmoins, que puisent les importantes manufactures de Croix, près Roubaix.

Le sixième niveau est celui du Gault. La nappe a une grande importance dans l'arrondissement de Valenciennes (le Torrent). Mais, comme on le verra plus bas, elle est impure.

Le septième niveau, dans les régions où l'on n'exploite pas de la houille, se trouve dans le calcaire carbonifère qui affleure près Tournai et dont les assises, aux abords de Lille, sont superposées à des schistes imperméables du système dévonien. Ce calcaire est fendillé en divers sens, et, quand on tombe sur une crevasse, on obtient de l'eau.

L'Hôpital militaire et la brasserie Vandamme, à Lille, sont alimentés par des forages que M. Degousée a poussés jusqu'à ce terrain.

A l'usine métallurgique de Fives, le forage pratiqué en 1865 jusqu'à la profondeur de 254 mètres, en pénétrant

de 172 mètres dans ce calcaire, n'a pas donné de résultat utile. Mais il est à remarquer que les forages dans le calcaire carbonifère qui ont réussi à Lille, étaient pratiqués dans le thalweg de la vallée de la Deule, et que l'usine de Fives est sur le plateau crayeux qui la domine.

Le grand niveau d'eau que l'on a rencontré, lors de la tentative faite en 1856 pour trouver de la houille à Lesquin, près Lille, appartient vraisemblablement à cet étage.

Les sondages exécutés dans la vallée de la Scarpe, au nord de la formation houillère, à Marchiennes, Warlaing, Hasnon, Saint-Amand, ont donné lieu à des fontaines jaillissantes abondantes, après avoir atteint le calcaire carbonifère, qui alterne avec des schistes et des grès houillers; mais l'eau est sulfureuse.

A Annœullin, la fosse a été noyée par l'eau de ce niveau. De même, à l'une des fosses de la concession de Meurchin, où les eaux sont restées très-sulfureuses.

On trouvera dans le document annexe n° 2 qu'accompagnent une carte Pl. 10 et une coupe Pl. 11, *fig.* 10, les données hydrographiques relatives à un grand nombre de fosses. L'étage du calcaire carbonifère n'y est relaté qu'accidentellement pour la fosse abandonnée de Lesquin, parce que ce terrain a été considéré jusqu'à ces derniers temps comme négatif au point de vue de la recherche de la houille.

Les chiffres les plus saillants à dégager de ce document sont mis en évidence dans le tableau ci-dessous.

Débits principaux observés dans l'établissement des fosses houillères du Nord et du Pas-de-Calais.

DÉSIGNATION des terrains.	SITUATION TOPOGRAPHIQUE.	ALTITUDE de la tête des terrains aquifères rapportée au niveau de la mer.	QUANTITÉ d'eau en 24 heu[res] exprimée en mètres cu[bes].
			mètres cubes.
Sable landénien.	Puits jumeaux de Saint-Pierre dans la concession de Saint-Aybert (compagnie de Thivencelles, à 500 mètres du canal de Mons à Condé.	+ 6,88	19.800,00
Craie et marne fendillées.	Fosse de Dorignies, concession de l'Escarpelle, près la rivière canalisée de la Deule.	+ 6,80	79.000,00 [1]
	Fosse d'Annezin, concession de Vendin, dans le thalweg de la Brette, affluent de la Lawe.	+ 9,00	52.000,00 [2]
	Fosse n° 5 de Lens à Avion, à 292 mètres de la rivière du Souchez.	+ 32,56	50.000,00
	Fosse Sainte-Eugénie, concession de Meurchin, dans la vallée de la Deule, à 400 mètres du canal, dans le thalweg de la vallée (rigole royale).	+ 25,00	27.000,00
	Fosse de Billy-Montigny, concession de Courrières, située dans la vallée du Souchez, à 200 mètres de cette rivière.	+ 28,50	29.000,00
	Fosse n° 5 de la concession de Courrières, dans la vallée du Souchez, à 1.500 mètres de cette rivière.	+ 26,78	31.104,00
	Puits Thiers, concession d'Anzin, à 60 mètres de la digue gauche de l'Escaut canalisé.	+ 12,19	59.400,00
Marne à silex.	Fosse Sainte-Marie, concession d'Aniche à Auberchicourt en plaine.	— 37,00	10.000,00
	Fosse de Billy-Montigny, déjà citée.	+ 7,25	9.000,00
Calcaires argileux dits *fortes toises.*	Fosse n° 1, concession de Marles, à 500 mètres de la Clarence.	— 4,00	21.000,00
	Fosse de la Naville, concession de Douchy.	+ 11,40	16.000,00 [3]
Grès vert.	Puits Saint-Pierre, concession de Saint-Aybert, compagnie de Thivencelles, à 500 mètres du canal de Mons à Condé.	—114,62	4.250,00
Calcaire carbonifère.	Fosse de Lesquin, sur le plateau séparatif des vallées de la Deule et de la Marque.	— 20,00	8.480,00 [4]

OBSERVATIONS.

[1] On a achevé le puits d'extraction et l'on a établi le puits d'aérage à l'aide du procédé Kind et Chaudron, dit à niveau plein.

[2] Cette nappe, comprimée par l'argile des terrains tertiaires, est celle qui donne les eaux jaillissantes de l'arrondissement de Béthune, où l'on a foré, comme on sait, les premiers puits artésiens.

[3] La venue d'eau a été telle qu'on a renoncé aux épuisements et qu'on a passé le niveau à l'air comprimé.

[4] Fosse abandonnée au point de vue de la recherche du charbon.— Débit observé par M. le colonel du génie Frémont.

En compulsant le document en son entier, on constate :

1° L'énorme débit de la tête de la craie dans les thalwegs, au-dessous des argiles tertiaires ;

2° La constance d'un débit, plus restreint, dans la craie à silex;

3° L'éventualité d'un débit important dans les plats bancs des calcaires argileux stratifiés.

Il importe d'ailleurs d'insister sur ce point que, pendant le percement des avaleresses par le procédé dit d'Anzin, on a élevé au jour d'énormes quantités d'eau, et cela pendant des périodes qui ont le plus souvent dépassé une année. Les ingénieurs des concessions houillères estiment qu'une fraction notable de ce débit pourrait être indéfiniment obtenue, surtout pour les fosses situées dans les thalwegs.

En fait, un nombre considérable d'usines, dans le département du Nord, puisent l'eau très-bas dans la nappe souterraine.

Le procédé consiste à faire un forage, à le tuber, puis à y descendre une pompe élévatoire à seau et secret d'aspiration, analogue à la pompe d'épuisement employée dans les mines, dite *pompe Canard*. Mais on obtient peu d'eau, parce qu'une faible partie de la surface filtrante aquifère est mise à nu, et parce qu'il reste une charge considérable sur la source.

Prenons, par exemple, le mode d'épuisement récemment établi à la fabrique de produits chimiques de Croix.

Le forage a été poussé jusqu'à 83 mètres en contre-bas du sol; il pénètre de $0^m,50$ dans le calcaire carbonifère; il a été tubé jusqu'à la profondeur de 45 mètres, soit sur $4^m,25$ dans la craie. Le diamètre du forage est de $0^m,55$ dans le haut et de $0^m,30$ dans le bas.

L'eau vient presque en entier du Tourtia à la base de la craie marneuse, auquel succède immédiatement, dans l'espèce, le calcaire carbonifère. La distance du sol au seau est de $21^m,50$; celle du sol au secret est de 27 mètres. Le niveau hydrostatique étant à 25 mètres en contre-bas du

sol, la charge normale sur la source est d'environ 56 mètres et le débit est faible.

Au contraire, dans la construction des avaleresses pour l'exploitation du charbon, on aspire au plus bas avec des pompes d'un grand diamètre. Le fond de l'avaleresse se comporte comme un filtre de grande surface où l'eau jaillit avec la charge due à l'excès de la cote du niveau hydrostatique sur la cote du niveau auquel l'eau est maintenue par la puissance des pompes d'exhaure. De là d'énormes débits (voir les documents annexes 2, 3) qui se continuent pendant tout le passage du terrain aquifère.

Il me parut donc que la solution du problème de l'alimentation, en eaux potables, de la ville de Lille consistait à rechercher comme une bonne fortune, la mine d'eau, qui est l'accident pour l'ingénieur houiller, et à installer des pompes puisant au plus près du terrain aquifère, sans se préoccuper de l'absence d'un débit superficiel continu de quelque importance. Cette donnée parut plausible à la commission des eaux potables, instituée par M. le maire de Lille, en 1863 (*).

Recherches d'eau pour la ville de Lille. — La statistique du percement des fosses houillères du Pas-de-Calais démontrait l'existence d'une abondante nappe dans les thalwegs, à la tête de la craie sénonienne. Il fallait donc trouver, dans la vallée de la Haute-Deule, le point où l'épaisseur des terrains tertiaires fût réduite au minimum (Pl. 10 et Pl. 11, *fig.* 10-11).

(*) Cette commission était composée de MM. Girardin, doyen de la Faculté des sciences, correspondant de l'Institut, président; Kolb, ingénieur en chef des ponts et chaussées; Violette, commissaire des poudres; colonel Cadart; lieutenant-colonel Frémont; Lemaître, ingénieur en chef, directeur des travaux municipaux; Lamy, professeur à la Faculté des sciences; Marteau, architecte du département; Menche de Loisne, ingénieur des ponts et chaussées, rapporteur.

Les coupes géologiques données par M. Meugy et complétées par les forages récents, me donnèrent le lieu géométrique de la séparation des terrains tertiaire et crétacé. En suivant cette zone, et en observant les suintements superficiels, je devais avoir l'indice d'un minimum d'épaisseur pour le terrain mort. Je fus ainsi conduit à explorer particulièrement la région qui avoisine l'établissement pénitentier de Guermanez, sur la commune d'Emmerin.

Un déblai de $2^m,20$ mis en communication avec la rigole de desséchement des marais de la Deule en cours d'exécution, détermina un débit de 432 mètres cubes par 24 heures; mais il convenait d'explorer profondément le terrain crétacé. Je fis donc établir un puits tubulé en tôle sur 6 mètres de profondeur et de $0^m,60$ de diamètre. Au fond du puits, on pratiqua un forage non tubé de $0^m,20$ de diamètre, qui fut arrêté à un tun très-résistant, à 14 mètres en contre-bas du sol.

J'installai une locomobile actionnant une pompe dont le tuyau plongeait de 3 mètres dans le puits. Le débit se maintint constant à 1.600 mètres cubes par 24 heures, pendant treize jours, sans variation du niveau d'eau. Dès lors, m'appuyant sur les données recueillies dans le percement des fosses de la concession minière de Lens, je crus pouvoir avancer qu'en entamant à Guermanez la craie sénonienne, en y puisant au plus bas près du tun, support de la craie à silex, et recueillant toutes les eaux supérieures, on trouverait assez d'eau pour alimenter les ménages, soit environ 6.000 mètres cubes par jour.

La commission des eaux ajouta que le problème serait en entier résolu, si l'on dotait la ville de Lille d'eau pour les usages grossiers par un emprunt à la rivière de la Deule, en amont de la ville, non loin de son école de natation.

M. Masquelez, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des travaux municipaux de la ville de Lille, dans la période 1868-1870, disposa des machines d'exhaure

actionnant la nappe de la tête de la craie et les refoulant dans un réservoir supérieur.

Cet ingénieur a publié chez l'éditeur Dunod, en 1872, un intéressant compte rendu de ses travaux, auxquels la ville a ajouté le premier tronçon d'un aqueduc à barbacanes, appelé à recueillir un jour la nappe superficielle de la vallée jusqu'au pied du plateau crayeux de Lens, à 24 kilomètres de la ville.

Le conseil municipal, en effet, a préféré n'avoir qu'un unique système de distribution d'eau, et a renoncé à une distribution spéciale pour l'industrie.

Or il est constaté au compte rendu de M. Masquelez, que l'eau captée à Guermanez à 4 mètres de plongée seulement dans la craie et aspirée par les pompes, correspond à un débit minimum de 5.000 mètres cubes par jour. Les prévisions se sont donc réalisées.

La commission avait prévu l'éventualité de la construction d'un puits par le procédé Kind et Chaudron, avec cuvelage en fonte, procédé qui venait d'être appliqué à la construction de diverses fosses houillères, dans la Moselle (à l'Hôpital), et en Belgique (Sainte-Marie). Mais le puisard d'aspiration du bâtiment des machines, construit en maçonnerie rendue très-hydraulique par l'emploi du trass, a pu être construit par les procédés ordinaires. Il n'en eût pas été de même si l'on eût rencontré un terrain de peu de résistance et si l'on eût dû descendre à une grande profondeur. Il n'est donc pas sans intérêt de décrire ici sommairement le procédé Kind et Chaudron, tel qu'il a été appliqué à la construction de la fosse houillère de Meurchin, près de Lille (1872-1873).

Procédé Kind et Chaudron. — Dans le fonçage des puits à niveau plein, on exécute des sondages de grand diamètre avec des outils actionnés par des machines à vapeur (*).

(*) Voir les notices publiées par M. Chaudron, chez l'éditeur Dunod, sur le puits de l'Hôpital et le puits Sainte-Marie, et les ouvrages de MM. Burat et Lévy.

On commence par pratiquer un trou de sonde de 1m,35 de diamètre environ, qu'on élargit ensuite pour le transformer en un puits dont le diamètre peut dépasser 4 mètres.

On descend alors le cuvelage en fonte. Ce cuvelage est formé d'une série de tronçons pour lesquels on adopte une hauteur de 1m,50. Ces tronçons portent des collets d'assemblage qui permettent de les boulonner les uns sur les autres, de manière à former une colonne cylindrique ayant toute la hauteur du puits. Les collets présentent une saillie de 0m,07 à l'intérieur du cuvelage. A la partie inférieure de la colonne métallique est adaptée une boîte à mousse. Elle est formée d'un cylindre dont le rebord supérieur est dirigé vers l'intérieur, et celui inférieur vers l'extérieur du puits. Ce cylindre a un diamètre inférieur à celui du cuvelage, ce qui lui permet de s'emboîter dans la colonne métallique. Entre ce cylindre et le rebord du premier tronçon du cuvelage dirigé vers l'extérieur, on bourre un matelas de mousse maintenue dans un filet de pêcheur.

Pour mettre en place le cuvelage, dont le poids a atteint à Maurage (Belgique) 789.781 kilog., M. Chaudron a imaginé de le munir d'un fond, ce qui le transforme en bateau. Au milieu du fond, il a placé un tube central où l'eau se loge. Primitivement, de distance en distance, on perçait la colonne d'équilibre de petits trous de 9 à 10 millimètres de diamètre, qui laissaient entrer l'eau dans le cuvelage au fur et à mesure que celui-ci devait s'enfoncer Présentement, on introduit, à l'aide de robinets vissés sur les parois, l'eau qui règle la descente du cuvelage.

La marche des opérations est celle-ci :

On fait arriver à la tête du niveau d'eau quelques tronçons de cuvelage assemblés avec le fond, et on les fait plonger dans l'eau. Puis on ajoute successivement, au jour, des tronçons en enfonçant, par l'introduction de l'eau, le bateau formé par le cuvelage métallique et le faux fond.

La pression du cuvelage sur la boîte descendue sur un

terrain sec comprime la mousse, en fait un obturateur, et l'on complète l'opération en remplissant, par un mortier très-hydraulique, l'espace annulaire laissé entre la surface extérieure du cuvelage et les parois du puits, sur toute la hauteur de ce dernier.

Le procédé à air comprimé est borné aux terrains aquifères ne dépassant pas 30 mètres de profondeur. A Douchy (Nord), la pression a atteint, à la vérité, $3^{atm},9$, mais on a eu des accidents de santé à déplorer.

Le procédé Kind et Chaudron fonctionne au contraire à grande profondeur.

L'expérience faite à de nombreux fonçages dans le Nord, le Pas-de-Calais, la Belgique, l'Allemagne, montre que le procédé est d'un emploi courant dans les terrains qui ne sont pas caractérisés comme très-ébouleux, parce que les parois ne sont plus soumises à une pression d'eau de l'extérieur vers l'intérieur.

Dans les sables fluides, on descend une série de tubes se parementant, sur une plus ou moins grande hauteur, de l'extérieur vers l'intérieur, par un rétrécissement des diamètres, comme les étages d'une lorgnette. On introduit entre le dernier tube et les parois un bétonnage soigné. On fonce ensuite en contre-bas des sables, à niveau plein par le procédé habituel.

A Ghlin, près Mons, on a passé ainsi $22^m,50$ de mauvais terrains, en partant du diamètre intérieur $5^m,87$ et en arrivant à celui $4^m,93$. On a entrepris aussi l'application du procédé, aux salines de Dax, pour traverser 45 mètres de sables fluides. On a projeté la descente de trois séries de tubes de $3^m,35$, $2^m,96$, $2^m,83$ de diamètre intérieur, en se réservant les voies et moyens pour la pose éventuelle de colonnes supplémentaires.

Les détails du procédé tel qu'il a fonctionné dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, notamment à Wingles, près Meurchin, sont représentés à la Pl. n° 11,

fig. 1-5, où, pour limiter la figure, on n'a donné au puits qu'une hauteur de 38 mètres. Qu'on munisse de narines le tronçon placé à la base du cuvelage ; qu'on ménage des valves sur les tronçons correspondant aux nappes supérieures, la chambre d'eau pour la captation des eaux souterraines sera constituée. Le tuyau d'aspiration, le corps de pompe, le tuyau montant, constitueront le tube d'équilibre pendant la descente du cuvelage. Il ne restera qu'à descendre le secret et à installer le piston pour que la pompe actionnée au jour puisse fonctionner à la façon des pompes d'exhaure habituelles des mines. (Voir la note annexe n° 4.) La boîte à mousse doit particulièrement fixer l'attention, parce que cet appareil résout le problème d'intercepter l'écoulement des eaux supérieures le long des parois d'un puits tubé. La réussite d'un tel problème est capitale lorsque les eaux du dessus peuvent altérer celles de la nappe alimentaire (Pl. 11, *fig.* 4.)

Prix de revient. Système Kind et Chaudron.—Les données recueillies lors de la construction de la fosse n° 3 de la concession de Meurchin à Wingles, confiée à M. l'ingénieur Théry, permettent d'établir le détail estimatif suivant, pour un puisard de 38 mètres de profondeur et de 4 mètres de diamètre.

Détail estimatif pour l'établissement d'un puits de 4 mètres de diamètre et 38 mètres de profondeur dans le système de Kind et Chaudron (Pl. 11, *fig.* 1 à 5).

Installation de l'outillage, bâtiments provisoires.		25.000
Creusement du puits central (à 10 mètres plus bas que la hauteur du cuvelage, pour que le dragage puisse s'opérer facilement.	24 jours	
Élargissement au diamètre (4 mètres).	26 —	
Descente du revêtement. — Enlèvement du matériel de battage et préparation de la boîte à mousse.	12 —	
Descente de la colonne. — En tout, à raison d'environ 3 pièces par jour.	8 —	
Épuisement des eaux. — Démontage de la colonne d'équilibre et du faux fond.	8 —	
Total.	78 jours	

Le personnel comprendra 6 manœuvres, 1 machiniste et 1 chauffeur de jour et de nuit, soit pour 16 hommes à $3^f,50$ en moyenne. . . . . 56 fr.
En outre, 1 forgeron et son aide, salaire. 9

Total par jour. . . . . 65 fr.

Et pour 78 jours.	5.070
2 chefs sondeurs et 1 directeur pendant 5 mois.	3.500
Prime du brevet à 300 francs par mètre.	11.400
Matériel Chaudron, un quart de la valeur.	15.000
Chauffage ordinaire. — 20.000 kilog. de houille.	5.000
Huile, graisse, chanvre.	1.500
Cordage et divers.	1.000
Cuvelage en fonte (épaisseur moyenne, $0^m,026$). — Rebords, nervures. . . . . 110.000 kilog.	
Boîte à mousse, faux fond et accessoires. 16.000	
Total. . . . . 126.000 kilog.	
à $0^f,30$.	37.800
Deux colonnes d'équilibre à transformer en colonne montante. 70 mètres de tuyaux de $0^m,50$ de diamètre, à 196 kilog. le mètre, soit 13.720 kilog. à 0^f, 28.	3.842
Boulonnage des colonnes montantes, mousse, somme à valoir, environ.	10.888
Total.	120.000

Il faut compter environ 2.000 francs par cheval-vapeur mesuré en eau élevée, pour les pompes et les machines d'exhaure.

Qualités des eaux souterraines. — Après avoir indiqué le régime des nappes souterraines, il convient d'en faire connaître la qualité.

Les épuisements pratiqués dans les fosses houillères du Nord et du Pas-de-Calais, construites d'après la méthode dite d'Anzin, et le puisage à divers puits alimentaires d'usines, m'ont permis de recueillir des données précises pour la région, objet de ces études. (Note annexe n° 5.)

J'ai mis en regard les données relatives aux eaux superficielles du bassin de la Seine, en les empruntant à l'ou-

vrage devenu classique de M. l'inspecteur général Belgrand.

Conclusions. — Les conclusions à tirer de ces recherches sont les suivantes pour la région dont il s'agit :

1° Les eaux souterraines puisées dans le sable tertiaire, dans l'étage crétacé supérieur et moyen sont propres aux usages domestiques (*).

2° Les eaux du Tourtia, base de l'étage crétacé moyen, sont également propres aux usages domestiques.

3° Les eaux du Gault, qui n'existent que dans une circonscription restreinte, sont altérées par des lignites ou rendues profondément impures par la mixtion d'eaux salées provenant des roches houillères avec lesquelles il y a communication par des fissures.

4° L'eau du calcaire carbonifère est excellente pour les ménages, si ce n'est aux confins du bassin houiller de Valenciennes, où elle est fortement minéralisée (**).

5° Les eaux des rivières de l'arrondissement de Lille, quoique impotables, sont d'ailleurs les meilleures pour les usages industriels. Les expériences comparatives de M. Girardin (1862), sur le dégraissage et le lavage des laines et leur teinture, ne laissent aucun doute sur ce point (*Mémoires de la Société des sciences de Lille*, 1861).

(*) Une exception a été constatée dans la zone étroite du thalweg de la Deule, dans l'ancienne Lille. Les eaux du sable vert y sont sulfureuses, par suite de la présence de rognons de pyrites dans l'argile tertiaire. La saveur sulfureuse s'atténue sensiblement quand on abandonne les eaux à l'air pendant quelque temps. — Le degré hydrotimétrique est de 36.

(**) Les eaux qui traversent les boues de l'établissement thermal de Saint-Amand viennent de deux nappes, l'une à la base de l'argile tertiaire qui renferme des amas de lignites pyriteux, l'autre des terrains carbonifères.

CHAPITRE II.

2° Alimentation des agglomérations par des eaux de rivières, procédés employés à Roubaix et Tourcoing.

Système général. — Les villes de Roubaix et Tourcoing, qui se touchent, sont situées sur le faîte séparatif des vallées de la Lys et de l'Escaut : Tourcoing à 7.300 mètres de la Lys, et Roubaix à 12.200 mètres de l'Escaut. L'Espierre, affluent de l'Escaut qui contourne les agglomérations, n'a en eaux météoriques qu'un débit insignifiant. Il reçoit les eaux industrielles chargées de suint de laine et de matières tinctoriales qui sortent des manufactures. Les plaintes du gouvernement Belge ont amené l'organisation d'un service d'assainissement pour cet exutoire.

La série des terrains dans le sous-sol est celle qu'on rencontre dans le restant de l'arrondissement de Lille, mais le terrain quaternaire et surtout le tertiaire y ont plus de développement. Dans le quaternaire qui atteint une épaisseur de 6 à 13 mètres, on trouve le sable Boulant des terrassiers qui ne contient pas assez d'eau pour alimenter les usines, mais qui, jusqu'ici, alimente les ménages. Au-dessous, on rencontre la glaise yprésienne, puis le terrain landénien supérieur, qui contient la nappe aquifère du sable vert, dont la couche a généralement 5 mètres d'épaisseur.

Au-dessous des terrains landéniens qui sont épais, on perce la Craie blanche, la Craie à silex ; on traverse la série des Calcaires Argileux, les Bleus, les Gris, les Dièves ; série qui a moins de développement que dans le bassin houiller.

Enfin apparaissent, vers la cote 140 en contre-bas du

sol, des rudiments de terrain qui paraissent appartenir au Green-Sand. Au-dessous est le calcaire carbonifère.

Dans la période de 1825 à 1855, la filature de laine et de coton se développa; des tissages mécaniques furent créés, et l'on dut, pour alimenter les machines, multiplier les prises d'eau au sable vert landénien.

A partir de 1854, le niveau d'eau baissa et de nombreux procès surgirent entre les industriels et les puisatiers. En 1857, nommé expert par le tribunal de commerce, je constatai qu'aucune malfaçon n'était imputable aux puisatiers et que l'abaissement progressif de la nappe était dû à une cause naturelle de force majeure.

Les affleurements superficiels du sable vert, recouverts généralement par une épaisse couche d'argile étant restreints, la nappe d'eau ne pouvait suffire aux besoins croissants de l'industrie, bien que les machines fussent à haute pression; et l'on sait que ces machines ne consomment par jour et par cheval-vapeur que 4 hectolitres d'eau, tandis qu'on doit compter 6 mètres cubes pour les machines à condensation. La quantité d'eau qui pouvait, à cette époque, être puisée au sable landénien dans les deux villes avait été portée, en quelques années, de 1.000 à 1.500 mètres cubes; le niveau baissait sans cesse.

Quelques forages furent poussés jusqu'à la craie; mais, comme ils n'étaient pas pratiqués en un thalweg, ils donnèrent peu de résultats.

En résumé, l'eau alimentaire était celle du sable vert, et le prix de revient était élevé. Les industriels ne se rendaient pas compte du coût du puisage, mais je pus constater que le prix réel du mètre cube d'eau atteignait le plus souvent 0f,035, bien que le prix du kilogramme de charbon ne fût que de 0f,021. (Voir le calcul, note annexe n° 6.)

Le résultat de l'expertise fut porté par M. Kolb, ingénieur en chef du Nord, à la connaissance du Préfet et des Maires, car la question d'ordre public était en jeu.

Des études d'alimentation par la Lys et l'Escaut et la rédaction d'un avant-projet me furent confiées sous la direction de M. l'ingénieur en chef.

De longues discussions s'élevèrent sur le choix de la rivière alimentaire : Escaut ou Lys. Enfin M. le ministre, en conseil général des ponts et chaussées, trancha la question en faveur de l'alimentation par la Lys, pour cette raison que l'alimentation d'un grand centre manufacturier ne devait pas être basée sur une prise d'eau faite en pays étranger, à titre précaire, et empruntant en son parcours un canal (canal de l'Espierre) possédé par une compagnie Belge.

Les analyses et les essais de teinture de M. Girardin montraient d'ailleurs que l'eau de la Lys, qui ne contient pas de sulfate de chaux, est plus propre aux usages industriels que celle de l'Escaut.

Malheureusement, elle est impotable à cause du rouissage du lin, qui s'y opère sur une grande échelle, en raison même de ses qualités industrielles.

L'inauguration de la distribution d'eau eut lieu le 15 août 1863.

La pénurie d'eau était telle qu'on allait la chercher en tonneaux dans les mares des fermes. Les cultivateurs tiraient de la vente un bénéfice assez grand pour qu'ils pussent payer ainsi la majeure partie du fermage. On le comprend, puisque le prix d'un mètre cube d'eau à pied d'œuvre, s'élevait à 2f,50.

A cette pénurie se joignait cette circonstance aggravante, que le traité de commerce du 5 janvier 1860 forçait les manufacturiers à transformer leur outillage et à substituer la grande industrie à la petite; donc, à consommer plus d'eau.

On comprend, dès lors, l'anxiété avec laquelle on attendait le fonctionnement de l'œuvre; et l'on apprécie le service rendu par les administrations municipales qui pour-

suivirent la réalisation de l'œuvre, malgré de vives oppositions.

Les villes exploitent elles-mêmes en société, et ont pu approprier la vente aux exigences de la grande industrie.

Les prix ont été longtemps étagés suivant le tarif différentiel ci-dessous :

Roubaix. — De 1 à 50 mètres cubes par jour, au prix de $0^f,14$; au delà de 50 mètres cubes par jour, au prix de $0^f,07$; chaque prix partiel s'ajoutant au précédent.

Pour les services municipaux, $0^f,05$ le mètre cube.

Tourcoing. — De 1 à 50 mètres cubes par jour, au prix de $0^f,12$ l'un; de 50 à 100 mètres cubes par jour, au prix de $0^f,09$ l'un; au delà de 100 mètres cubes par jour, au prix de $0^f,07$ le mètre; chaque prix partiel s'ajoutant au précédent. Mais la ville de Roubaix a fait récemment à la tarification cette modification qui lui est spéciale, qu'au delà de 50 mètres cubes par jour, l'eau serait vendue à l'abonné au prix de revient, chaque prix partiel s'ajoutant au précédent.

Dans ces conditions, le prix moyen de vente du mètre cube d'eau ressort à $0^f,091$ à Roubaix, et à Tourcoing à $0^f,1015$.

Le prix de revient, y compris les intérêts et l'amortissement des dépenses premières, étant d'environ $0^f,07$, non-seulement les villes sont indemnes, mais on peut, en outre, constituer une réserve en vue de l'extension du service.

Résumons les principales données techniques de l'œuvre.

L'eau prise à la cote moyenne $10^m,50$ est refoulée à 7.600 mètres de distance vers les réservoirs de Tourcoing, à la cote moyenne $63^m,90$.

De ces réservoirs, elle se rend à Roubaix en traversant par siphonnement la petite vallée du Riez-Saint-Joseph, à la cote $31^m,51$, et elle arrive au réservoir de Roubaix à la cote moyenne $53^m,06$.

Machines élévatoires. — Les machines sont du système Woolf, c'est-à-dire à deux cylindres et à balancier. Elles sont à grande détente par l'inégalité des cylindres et par l'application d'une détente variable dans le petit cylindre. La détente est variable en marche et par la main du conducteur, suivant la charge que les machines sont appelées à développer, et l'action du régulateur n'a pour effet, en ce cas, que de fermer instantanément l'orifice d'admission de la vapeur, au cas où les pompes élévatoires viendraient à manquer d'aspiration, accident qui entraînerait une vitesse excessive de la machine.

La détente, variable à la main, a été préférée à une détente variable par l'action du régulateur, parce que cette dernière détente, pour être sensible, nécessite des mouvements légers, et qu'il est nécessaire, pour un service d'eau, d'assurer un service positif et régulier. D'ailleurs, le travail utile à développer par période de marche est constant.

Les machines actionnent directement par leur balancier deux pompes verticales à simple effet, symétriquement placées de chaque côté de l'axe de rotation du balancier. L'eau est aspirée latéralement au corps de pompe. L'aspiration et le refoulement s'opèrent donc du même côté: l'aspiration à la descente, le refoulement à la remonte, l'eau étant alors prise entre le piston et le haut de la pompe. Qu'elle soit aspirée ou refoulée, l'eau passe alternativement par une même chapelle, sur laquelle est une cloche à air, régulatrice.

Sur le tuyau de refoulement, sont placés une soupape de sûreté destinée à prévenir tout accident, en cas de fermeture ignorée de la conduite, et un réservoir d'air d'une hauteur de $6^{m},90$ sur $1^{m},10$ de diamètre. En amont et en aval de ce réservoir d'air, sur le tuyau de refoulement, sont deux robinets-vannes.

On peut ainsi interrompre la circulation de l'eau, vider à volonté les tuyaux d'aspiration, les pompes, de même que

le grand récipient d'air, sans, pour cela, être obligé de décharger les conduites générales de refoulement.

Un retour d'eau à la chaudière prévient les accidents qu'entraînerait une négligence dans le soin de purger le cylindre.

Le corps de pompe a 0m,454 de diamètre intérieur. La course est de 1m,067. Dans le corps de pompe se meut un piston plein garni en tresses avec rondelles mobiles en bronze pour le serrage du chanvre.

Les fuites sont toujours en évidence. Par la disposition du corps de pompe dont le bas est à air libre et à lanterne, il est facile de voir si la garniture du piston se trouve en bon état, et sans avoir besoin de démonter, on peut opérer le serrage à l'aide d'une vis sans fin adaptée sur le piston.

Chaque boîte à clapets possède un regard permettant d'opérer la réparation ou, au besoin, l'enlèvement des clapets.

Les clapets, dits d'aspiration, étaient primitivement à charnières. Il résultait de cette disposition des chocs, de fortes vibrations et un bruit désagréable, ainsi que l'a constaté M. l'inspecteur général des mines Harlé, dans sa notice sur les machines élévatoires de Périgueux. En outre, la marche, pendant les trois premières années, était celle normale prévue au cahier des chages : de seize tours à dix-huit tours de volant par minute ; mais l'accroissement de la consommation d'eau exigea une marche plus rapide. On se décida à remplacer les clapets à charnière par des soupapes à cloches dont le rendement était très-satisfaisant ; mais les réparations faisaient perdre trop de temps. On chercha un autre appareil. La soupape d'aspiration qui fonctionne présentement (Pl. 11, *fig.* 12 et 13) et qui a été installée par M. Rymkiewicz, directeur du service, se compose d'un siége A, portant deux évidements annulaires concentriques BB', donnant passage à l'eau, recouverts par deux clapets, également annulaires en fer EE', garnis de cuir. Un boulon central C est destiné à recevoir le buttoir

en croix D des clapets. Le jeu vertical est de $0^m,007$ à $0^m,008$. Les boulons fixant les cuirs sur les clapets servent en même temps de guides à ces derniers.

Le changement est très-simple : les écrous F étant démontés, on enlève le buttoir D et les clapets EE', qui se manient facilement. On n'a pas besoin de toucher au siége A.

Le poids du siége est de 170 kilog., et celui des deux clapets ensemble est de 20 kilog.

Avec une très-faible levée, on obtient une grande section de passage; or, il y a intérêt à diminuer la hauteur de la levée parce que la fermeture du clapet étant plus rapide, on approche le plus possible de la simultanéité de cette fermeture au changement de direction du piston d'eau.

Après l'installation de ces clapets, bien que, d'après le cahier des charges, les machines ne dussent pas dépasser la vitesse de dix-huit tours de volant par minute, et dussent généralement marcher à seize tours, la marche a pu être poussée jusqu'à vingt-deux tours et demi.

Dans une série de trente-cinq expériences, faites de 1869 à 1874 avec ces clapets, le débit moyen a été trouvé de 307 litres; le volume géométrique engendré, déduction faite du volume déplacé par la tige du piston, qui descend pendant l'aspiration, étant de 330 litres, on peut prendre 93 p. 100 pour le rendement des pompes.

Travail utile. — Quand on parle de machines élévatoires, on ne s'entend pas toujours, parce que tantôt on a en vue la force théorique développée dans les cylindres, tantôt la force accusée par les diagrammes, tantôt la force mesurée en eau montée.

Dans le cas de machines Woolf, la force théorique développée pendant une course des pistons est la même que s'il n'y avait qu'un seul cylindre : le grand, et si, en y introduisant de la vapeur à la pression où elle entre dans le petit, on la laissait agir : 1° à pleine pression dans une course égale à celle où la vapeur agit à pleine pression

dans le petit cylindre, multipliée par le rapport de la surface du petit au grand piston; 2° et ensuite avec détente dans le restant de la course.

Mais le chiffre ainsi obtenu est de beaucoup au-dessus de la vérité, et les constructeurs, dans leurs projets, adoptent généralement un coefficient 0,65. Pour parler un langage précis qui permette la comparaison avec tout autre genre de machines, il ne faut considérer que la force mesurée en eau montée.

On prend pour l'ascension la différence de niveau entre le puisard d'aspiration et le niveau de l'eau dans le réservoir d'air, et l'on y ajoute la hauteur de la colonne d'eau qui correspond à l'indication du manomètre placé sur ce réservoir. On tient donc compte implicitement de la perte de charge dans la conduite de refoulement. Cette donnée est dite : l'ascension manométrique. Dans l'espèce, elle diffère notablement de l'ascension réelle. A l'origine du fonctionnement de la distribution d'eau, cette différence variait de 5 à 6 mètres. L'écart, en 1875, a été, en moyenne, de 16m,30.

La prudence la plus vulgaire et la convenance d'économiser du combustible, faisaient donc regretter qu'on n'eût pas doublé les conduites. Aussi, la pose d'une seconde conduite de 0m,60 de diamètre a-t-elle été commencée en 1876.

On a entrepris en même temps la pose d'une troisième machine, avec générateurs spéciaux, qui fonctionne à l'heure actuelle. Cette addition était devenue indispensable, car les deux machines marchaient ensemble et continûment la plus grande partie du temps. Ainsi, à l'origine, le temps de marche total des deux machines n'était que de 5.743 heures; en 1875, il était de 11.986, et en 1876, de 11.828.

Dépense de combustible. — Il est intéressant, dès lors, de faire connaître les chiffres qui expriment successivement la consommation de houille dans des conditions de plus en plus défavorables.

Tout d'abord, rendons compte des expériences voulues pour la réception des machines.

Après avoir chauffé six heures les générateurs avec le charbon du Pas-de-Calais, habituellement consommé dans l'usine, on a chargé le foyer avec un combustible composé, en parties égales, de charbon du Pas-de-Calais et de Mons, passé à la claie, et l'on a relevé les inscriptions relatives à la hauteur de l'eau dans les réservoirs d'air comprimé et dans le puisard, et à la pression dans le réservoir d'air. Des compteurs donnaient le nombre de tours de volant, et une expérience première avait fait connaître le volume utile élevé par chaque machine en un tour de volant. Ces observations ont duré 12 heures, au bout desquelles la pression et la hauteur d'eau étaient au même point qu'à l'origine des expériences.

Les nombres ci-dessous ont été relevés.

PREMIÈRE MACHINE.

Pression moyenne dans le générateur (graduation ancienne) : $4^{atm},86$.

Indication moyenne de l'indicateur du vide, au condenseur, en centimètres de mercure : 69.

Différence de hauteur entre les niveaux de l'eau dans le puisard d'aspiration et dans le réservoir d'air comprimé.	$4^{m},76$
Pression moyenne dans le réservoir d'air comprimé, en hauteur d'eau.	$54^{m},80$
Hauteur effective d'ascension.	$59^{m},56$

Nombre de tours de volant par minute : $16^{t},416$.

Eau élevée par seconde : $89^{lit},197$.

Travail en eau montée : $59,56 \times 89,197 = 5.313$ kilogrammètres par seconde, ce qui donne pour la force développée par la machine : $\frac{5.313}{75} = 70^{ch.v.},84$.

En 12 heures, la consommation totale de charbon ayant été de 946 kilog., la consommation par force de cheval, mesurée en eau montée et par heure, ressort donc à $1^k,11$.

DEUXIÈME MACHINE.

Pression moyenne dans le générateur (graduation ancienne) : $4^{atm},96$.

Indication moyenne de l'indicateur du vide, au condenseur, en centimètre de mercure : 69.

Différence de hauteur entre le niveau de l'eau dans le puisard d'aspiration et dans le réservoir d'air comprimé.	$4^m,86$
Pression moyenne dans le réservoir d'air comprimé, en hauteur d'eau.	$55^m,00$
Hauteur effective d'ascension.	$59^m,86$

Nombre de tours de volant par minute : $16^t,676$.

Eau montée par seconde : $90^{lit},608$.

Travail en eau montée par seconde : $59,86 \times 90,608 =$ 5.424 kilogrammètres, ce qui donne pour la force développée par la machine en eau montée : $\frac{5.424}{75} = 72^{ch.\ v.},32$.

En 12 heures la consommation totale du charbon ayant été de 916 kilog., la consommation par force de cheval, mesurée en eau montée et par heure, ressort à $1^k,06$.

Dans les expériences faites sous le contrôle de MM. Jegou d'Herbeline et Wattier, pour la réception des machines du même système de la distribution d'eau de Nantes (1856), qui ne développaient que 27 à 28 chevaux de force effective, la consommation par heure et par force de cheval, mesurée en eau montée, avait été trouvée de $1^k,25$.

Pour les machines de la distribution d'eau de Reims, qui sont du même type, le chiffre correspondant a été $1^k,11$.

Dans la marche usinière continue, qui comprend le déchet dû aux allumages, les consommations de charbon pour Roubaix et Tourcoing ressortent comme il suit :

DÉSIGNATION des années.	QUANTITÉ D'EAU maximum élevée par jour industriel.	QUANTITÉ D'EAU élevée dans l'année.	CHARBON brûlé y compris l'allumage, par cheval-vapeur, mesuré en eau montée et par heure.	OBSERVATIONS.
			kilog.	
1865.. .	7.330	1.734.000	1,460	Clapets à charnières.—Charbon de Lens.
1866.. .	7.640	2.040.000	1,328	Soupapes à cloche. — Charbon de Lens.
1867.. .	6.910	1.696.000	1,380	Idem.
1868.. .	9.150	2.191.000	1,345	Idem.
1869.. .	8.110	2.163.000	1,511	A partir de 1869, soupapes à évidements annulaires.— Charbons variés du Pas-de-Calais.
1870.. .	9.600	2.072.000	1,523	Idem.
1871.. .	11.900	2.840.000	1,571	Charbon d'Anzin.
1872.. .	12.140	3.316.000	1,512	Charbons divers du Pas-de-Calais.
1873.. .	12.720	3.230.000	1,590	Charbon d'Anzin.
1874.. .	12.790	3.348.000	1,610	Idem.
1875.. .	12.570	3.764.200	1,631	Idem.
1876.. .	12.340	3.647.100	1,592	Idem.

Nota. — La donnée de l'œuvre était la distribution de 8.600 mètres cubes par jour. La donnée pour les machines était de 60 chevaux-vapeur en eau montée. La force développée a été en moyenne de 81 chevaux-vapeur en 1875 et de 78,2 en 1876.

NOUVELLE MACHINE.

Lorsqu'il s'est agi, en 1874, d'installer une nouvelle machine élévatoire, on discuta si l'on emploierait une machine Corliss.

Dans ces machines, à un seul cylindre, la vapeur vient, sans obstacle, du générateur ; on interrompt l'introduction, puis on laisse continuer la course en détente. La vapeur est introduite ou est retirée par des tap-valves ou soupapes à robinets.

Mais les calculs que M. Mahistre, professeur à la Faculté, a insérés de 1856 à 1860, dans les mémoires de la Société des sciences et des arts de Lille, montrent qu'en augmentant la pression de la vapeur introduite dans le petit cylindre Woolf, et en y produisant la détente, on doit réaliser

une sérieuse économie de combustible. D'autre part, les expériences faites aux machines que MM. Farcot ont établies au quai d'Austerlitz (voir le mémoire sur l'alimentation du canal de l'Aisne à la Marne par M. Girardin, 1872), et celles qui viennent d'être relatées, confirment cette donnée théorique.

M. Cox, l'un des représentants les plus autorisés de l'industrie de la filature, a donné, dans les mémoires de la Société des sciences de Lille, pour 1873, le résultat de ses observations sur diverses machines.

« Chez moi, dit-il, j'ai fait régler l'introduction dans le « petit cylindre d'une machine Woolf, pour être interrompue aux deux tiers de la course. En ne faisant pas « marcher ces machines au delà de la force normale, on « obtient des résultats économiques avec une pression « moins forte que dans les machines horizontales des nouveaux systèmes. »

En fait, dans les machines de Bousbecques, l'introduction avait lieu primitivement au tiers de la course. Le rapport du volume du petit cylindre au grand cylindre étant 7,20, la détente théorique dépassait $\frac{1}{21}$. Elle a été réduite à environ $\frac{1}{10}$ par suite de l'augmentation du volume d'eau à élever dans un temps donné. Or, cette variabilité de la détente a une grande valeur pratique dans un service d'eau.

En résumé, la commission des eaux des villes de Roubaix et Tourcoing, composée d'éminents industriels, a pensé que pour des machines élévatoires qui doivent être particulièrement robustes, le système des machines verticales Woolf, qui fonctionnent à Bousbecques, et qui a réalisé un bon service dans des conditions difficiles, devait être maintenu.

La machine supplémentaire, adjugée en 1875, a donc été définie comme telle.

Les machines élévatoires que MM. Farcot viennent de fournir au service des ponts et chaussées, pour l'alimenta-

tion du canal de Roubaix, sont également verticales et à deux cylindres.

Prix de revient. — Il ne reste pour terminer cette notice qu'à indiquer les prix de revient.

MM. Windsor, de Rouen, qui avaient précédemment monté les machines de Nantes, ont été, en 1862, les adjudicataires de la fourniture des machines élévatoires de Roubaix et Tourcoing, que nous venons de décrire.

Au cahier des charges, chaque machine était définie de 60 chevaux-vapeur, mesurés en eau montée. Le poids des appareils a été de 199.500 kilog. pour les deux machines et pour le système des pompes et de leurs accessoires; le poids des trois chaudières et de leurs accessoires s'est élevé à 57.300 kilog.; le poids total des fournitures a donc été de 256.800 kilog. Le prix de revient par kilog. ressort à 0f,81.

La prime, tenant à l'économie sur le combustible, a été réglée à 5.000 francs.

Les machines étant évaluées à 60 chevaux-vapeur, comme au cahier des charges, le prix ressort à 1.750 francs par cheval-vapeur en eau montée. On a dit d'ailleurs plus haut que la force effective développée s'est élevée, en moyenne, à 81 chevaux-vapeur en 1875; avec cette donnée, le prix de 1.750 francs s'abaisse à 1.296 francs.

Les mêmes constructeurs, qui venaient de monter les machines de la distribution d'eau de Reims, ont été chargés de la fourniture de la troisième machine à l'usine de Bousbecques.

D'après leur soumission, les poids et prix sont :

Ensemble de la machine.	60.000 kilog. Prix	48.500 fr.
Générateurs.	43.200	23.000
Pompes et accessoires.	50.000	37.000
Totaux.	153.200 kilog.	108.500 fr.

ce qui donne un prix de revient de 0f,71 au kilog.

Le cahier des charges définit ainsi la marche :

« Dans la marche ordinaire, qui sera de seize tours par « minute, et avec la détente normale, la machine aura une « force de 70 chevaux-vapeur mesurés en eau montée.

« Cette force doit être à peu près équivalente à 80 chevaux-vapeur mesurés sur l'arbre du volant; mais le mesurage sera fait en eau montée.

« Bien que la marche normale soit de seize tours, tous « les organes de la machine et des pompes devront pouvoir, au besoin, fonctionner à la vitesse de vingt-quatre « tours, sans choc, sans vibration, ou aucun inconvénient « quelconque. »

La prime éventuelle pour l'économie du combustible est de 1.000 francs pour chaque réduction de 5 p. 100 sur le chiffre 1k,30 par cheval-vapeur et par heure dans l'expérience ainsi définie :

« Les épreuves consisteront à faire marcher la machine « pendant 12 heures consécutives, sans interruption, pour « laisser bien établir le régime de l'appareil; puis on observera, pendant 5 heures, la quantité d'eau effectivement « élevée par la machine dans les réservoirs, ainsi que la « consommation de houille pendant les 5 heures. Les « feux des fourneaux seront remis, à la fin de l'expérience, « dans l'état où ils étaient au commencement. »

La hauteur de l'élévation de l'eau, pendant les épreuves, doit être celle indiquée par le manomètre placé sur le réservoir d'air, augmentée de la différence entre le niveau d'eau dans ce réservoir et celui du puisard.

Réservoirs. — Les réservoirs de Roubaix et Tourcoing offrent des particularités intéressantes (Pl. 11, *fig.* 6, 7, 8, 9).

Les nécessités du service réclamaient que ceux de Tourcoing fussent en remblai à 11m,40, et que celui de Roubaix le fût à 5 mètres au minimum.

L'emploi de réservoirs en maçonnerie, dans ces condi-

tions, parut dangereux; et les ingénieurs insistèrent sur la construction de cuves en fonte de grand diamètre qu'admit le conseil général des ponts et chaussées.

Les cuves qui forment les deux réservoir de Tourcoing ont $5^m,40$ de hauteur et 16 mètres de diamètre; celle qui constitue le réservoir de Roubaix a $5^m,40$ de hauteur et 20 mètres de diamètre.

La capacité de chacun des premiers réservoirs est de 1.080 mèt.; la capacité du second est de 1.696 mèt. cubes.

Les parois verticales de ces cuves sont formées de plaques de $1^m,12$ sur $1^m,07$, portant à l'extérieur des collets d'assemblage qui permettent de les boulonner les unes aux autres, de manière à former une colonne cylindrique.

Le fond se compose de plaques de différentes grandeurs, à collets d'assemblage se boulonnant les unes aux autres, et disposées en six couronnes concentriques.

Le première couronne centrale se compose de six plaques:

La 2ᵉ,	immédiatement après,	de 12	plaques
La 3ᵉ,	—	24	
La 4ᵉ,	—	30	
La 5ᵉ,	—	36	
La 6ᵉ,	—	45	

Un masticage à la limaille de fer assure l'étanchéité des joints. L'épaisseur des plaqnes du fond est de $0^m,015$; celle des plaques verticales varie de $0^m,012$ à $0^m,020$.

Chaque cuve est munie de tuyaux d'arrivée, de départ, de trop-plein et de vidange.

Les bases en maçonnerie, étudiées et exécutées par M. Eugène Varennes qui a inauguré les fonctions de directeur du service des eaux de Roubaix et de Tourcoing, présentent à la fois une grande solidité et un aspect élégant. Des arceaux en ogive forment le pourtour extérieur. La hauteur des pieds-droits en est de 7 mètres, la portée de l'ogive est de $2^m,30$, la montée est de 2 mètres. A la paroi séparative de deux ogives consécutives est adossé un contre-

fort. L'ensemble des voûtes ogivales est couronné par un entablement dodécagonal agrémenté par des machicoulis. Des murs d'échiffre, évidés en ogives, partent de chaque pied-droit pour aboutir à un noyau central circulaire découpé en ogives et dont les vides sont vitrés. C'est dans ce noyau central que passent les tuyaux d'amenée, de départ, de vidange et de trop-plein. Un radier général disposé en voûte règne sous toute la construction.

On avait songé à installer dans le noyau central un appareil de chauffage actionnant un serpentin dans chaque cuve; mais on a, par une expérience de quatorze années, acquis la certitude que, pour empêcher la congélation, qui produirait de sérieux accidents, il suffit d'entretenir un mouvement de débit de 100 mètres cubes à l'heure pendant la nuit, occasionnant une dépense d'environ $0^f,011$ au mètre cube.

Un drainage est ménagé dans la partie supérieure des maçonneries, afin de prévenir les dégradations des voûtes par des fuites éventuelles.

Les deux réservoirs sont reliés à la hauteur du couronnement de la maçonnerie et au niveau de la partie supérieure des cuves par des piliers auxquels on accède par un escalier de service en fonte.

Les dépenses des deux réservoirs de Tourcoing se sont élevées à :

Maçonnerie.	56,000 fr.
Fonte et joints.	42.000
Escalier.	2.500
Frais divers et canalisation.	8.000
Total.	108.500 fr.

ce qui donne $50^f,23$ au mètre cube de capacité utile.

Les cuves en fonte ont été fournies et posées par MM. Pinard et Cie, de Marquise, au prix de $0^f,27$ le kilog. Les dépenses d'entretien sont insignifiantes.

DOCUMENT

TABLEAU INDIQUANT LA CONSTITUTION
dans les arrondissements de Lille,

FORMATIONS.	ÉTAGES DES TERRAINS.
Alluvions récentes. . .	1° Tourbes. . . . .
	2° Graviers, sables et argiles. . . . .
Alluvions anciennes.	3° Limon des plaines. . . . .
	4° Cailloux roulés, fragments de grès, lentilles de sable empâtées dans l'argile. . . . .
Pliocène.	5° Poudingues, sables rouges, grès ferrugineux. . . . .
Miocène.	6° Sables, sables argileux fossilifères. . . . .
Éocène.	7° Sable et grès calcaires coquilliers. . . . .
	8° Glaise ou argile plastique, quelquefois avec minerai de fer carbonaté. . . . .
	9° Grès, sables verdâtres à lignites et veines de glaise.
	10° Grès argilo-calcaire, grès schisteux, sables argileux, sables, argiles glauconifères avec fossiles. . .
Crétacé.	Craie blanche. . . . .
	Craie et Marne à silex. . . . .
	Craie marneuse, Calcaires argileux. . . . .
	Craie glauconieuse, tourtia, greend sand supérieur, gaize de Vouziers. . . . .
	Gault comprenant : les argiles, les sables, le greend-sand inférieur, le Torrent. . . . .
Carbonifère.	Terrain houiller. . . . .
	Calcaire carbonifère. . . . .

ANNEXE N° 1.

—

GÉOLOGIQUE DU SOUS-SOL ET NIVEAUX

Douai, Valenciennes et Béthune.

OBSERVATIONS.
»
»
»
»
Système Diestien du géologue belge, M. Dumont.
Système Tongrien de M. Dumont.
Partie supérieure : Système bruxellien de M. Dumont. Le calcaire grossier parisien appartient à cet étage.
Partie moyenne : Système Yprésien de M. Dumont.
»
Partie inférieure : Système Landénien de M. Dumont.
La craie blanche correspond au système Sénonien de M. Dumont. Tantôt elle est compacte et sèche, tantôt elle est brisée et humide.
Les bancs de silex sont particulièrement puissants aux environs de Mons, où ils prennent le nom de Rabots. Les marnes à silex reposent généralement sur une roche d'une épaisseur de 0m,40 à 0m,80 très-dure, qui est le dur banc des mineurs ou le tun des puisatiers.
Cet étage correspond au système Nervien de M. Dumont. Au-dessous du dur banc viennent les calcaires argileux : fortes toises, petits blancs, dièves, *Gris*, *Bleux*. C'est dans les dièves, sensiblement imperméables, que l'on a établi la base de la plupart des cuvelages en bois des fosses houillères du Pas-de-Calais.
La craie glauconieuse correspond à la partie inférieure du système Nervien et à la partie supérieure du système Hervien de M. Dumont. La marne verte à Pecten Aster, qui fait partie de cette formation géologique, se rencontre dans les puits de mine des environs de Valenciennes et de Douai. Ainsi, à Guesnain (concession d'Aniche), elle atteint une épaisseur de 24 mètres. Dans la plupart des fosses houillères du Pas-de-Calais au-dessous des dièves, on ne trouve que le tourtia des mineurs qui est alors de la marne glauconifère avec des silex roulés, et l'on entre immédiatement dans le terrain carbonifère. M. Meugy place ce Tourtia à la base du système Nervien de M. Dumont.
Le gault correspond au système Aachenien de M. Dumont. Le torrent du bassin de Valenciennes est constitué à la base du gault par un dépôt de cailloux roulés et de sable quartzeux à gros grains superposés à des argiles. Le terrain néocomien manque.
M. Gosselet (1874, *Études sur le gisement de la houille dans le nord de la France*) a établi qu'une partie du bassin houiller du Pas-de-Calais s'est enseveli sous le grès rouge par une faille, mais la disposition générale est la succession du terrain houiller au tourtia.

DOCUMENT

TABLEAU

des terrains traversés et des débits d'épuisement dans la construc

DÉSIGNATION et situation des fosses houillères.	PRINCIPAUX TERRAINS TRAVERSÉS.	ÉPAISSEURS des terrains.	COTES de la tête des terrains rapportées au niveau de la mer.
		mètres.	mètres.
Fosse du Bois Saint-Pierre, concession de Ferfay, sur le plateau entre la Nave et la Clarence à 3.700 mètres de la rivière de la Nave.	Terre, argile et gravier.	5,00	88,00
	Craie, tun à la base.	46,00	83,00
	Silex, calcaire argileux.	39,00	37,00
	Dièves.	50,00	— 2,00
	Tourtia.	6,00	—52,00
	Terrain houiller.		—58,00
Fosse n° 1 de la concession de Marles à 500 mètres de la Clarence.	Terre, argile.	9,50	49,00
	Craie fendillée et tun à la base.	26,36	39,50
	Argiles calcaires, les Bleux.	17,14	13,15
	Marnes grises avec plats bancs.	24,20	— 4,00
	Marnes bleuâtres argileuses.	4,80	—28,20
	Tourtia.	1,00	—33,00
	Terrain houiller.		—34,00
Fosse n° 2 de la concession de Marles sur le plateau qui domine la vallée de la Clarence à 2 kilomètres de la rivière.	Argile.	8,50	78,00
	Craie, craie à silex, craie plus compacte.	30,50	69,50
	Calcaire argileux.	64,00	39,00
	Dièves.	24,00	—25,00
	Tourtia.	2,00	—49,00
	Terrain houiller.		—51,00
Fosse n° 2, de la concession de Bruay sur le coteau de la Lawe à 300m de la rivière.	Terre végétale.	1,00	46,00
	Craie grise avec fragments de grès.	1,20	45,00

ANNEXE N° 2.

INDICATIF

tion de récentes fosses houillères du Nord et du Pas-de-Calais.

INDICATIONS sur la venue d'eau par jour.	DÉBITS MAXIMA par jour.	OBSERVATIONS.
626mc par jour vers la cote 29m. Peu d'eau.	626mc à la base de la craie sénonienne.	
Eau augmentant jusqu'à 8.000mc. 9.000 à 24.000mc, retenues partiellement à la cote — 6m. Peu d'eau.	24.000mc dans les plats bancs des marnes grises.	Le passage des niveaux d'eau a duré du 19 décembre 1854 au 15 octobre 1856. En avril 1866, au bout de dix ans, la fosse s'est éboulée entraînant la machine d'extraction et le bâtiment qui la contient. On attribue l'accident à des affaissements résultant de l'exploitation de la houille aux étages de 175m et de 225m et à ce que pendant le fonçage à niveau, vide la violente sortie des eaux ayant altéré la solidité des parois, le cuvelage n'était plus suffisamment calé.
100mc dans la craie à silex. De la cote — 22m à la cote — 45m faible venue d'eau atteignant au plus 160mc.	160mc dans les calcaires argileux.	

TABLEAU

DÉSIGNATION et situation des fosses houillères.	PRINCIPAUX TERRAINS, TRAVERSÉS.	ÉPAISSEURS des terrains.	COTES de la tête des terrains rapportées au niveau de la mer.
		mètres.	mètres.
Fosse n° 2 (*suite*).	Craie.	19,80	43,80
	Craie à silex.	5,00	24,00
	Craie sans silex ou jaune.	8,00	19,00
	Marne.	10,00	11,00
	Les Bleux, Marnes.	1,00	1,00
	Bleux fissurés, grises.	54,00	0,00
	Dièves.	36,00	—54,00
	Tourtia.	2,50	—90,00
	Terrain houiller.		—92,50
Fosse d'Annezin, concession de Vendin, vallée de la Brette, près la rivière.	Terre végétale.	20,00	29,00
	Argile, silex noir, argile plastique, craie fendillée.	26,00	9,00
	Craie à silex, dur banc à la base.	46,00	— 17,00
	Les Bleux et les petits bancs.	43,00	— 63,00
	Dièves.	42,00	—106,00
	Tourtia.	2,00	—148,00
	Terrain houiller.		—150,00
Fosse n° 2 de la concession de Nœux située sur la déclivité du plateau de Lens, versant droit de la Loisne à 1.500 mètres de cette rivière.	Terre végétale, argile.	4,00	56,00
	Craie.	22,00	52,00
	Craie blanche avec un peu de silex.	8,00	30,00
	Marnes grises avec silex.	15,00	22,00
	Petite couche de tun, grès avec silex, Bleux, calcaires argileux, divers.	59,00	7,00
	Dièves.	35,00	—52,00
	Tourtia.	2,10	—87,00
	Terrain houiller.		—89,10
Fosse n° 3 de la concession de Béthune.	Terre végétale et craie détritique, craie sans silex.	21,00	43,00

INDICATIF (SUITE).

INDICATIONS sur la venue d'eau par jour.	DÉBITS MAXIMA par jour.	OBSERVATIONS.
Débit de 4.300mc, dans la craie à silex. Débit de 3.000 à 1.200mc. Débit de 1.000mc. Débit de 600mc dans les marnes bleues fissurées. Débit de 100mc.	Débit de 4.300mc dans la craie à silex.	
Débit de 52.000mc. Débit de 2.640mc dans la craie à silex.	Débit de 52.000mc à la tête de la craie sénonienne.	
Débit de 60mc. Débit de 770mc. Débit de 330mc. Débit de 300mc dans les grès à silex.	770mc dans la craie à silex.	
		Dans les fosses nos 1 et 2 de la même concession établies sur le plateau de Lens aux cotes 53m,36 et 45m,55, les venues d'eau ont été aussi très-faibles.

TABLEAU

DÉSIGNATION et situation des fosses houillères.	PRINCIPAUX TERRAINS TRAVERSÉS.	ÉPAISSEURS des terrains	COTES de la tête des terrains rapportées au niveau de la mer.
		mètres.	mètres.
Fossse n° 3 (*suite*).	Craie avec silex	28,60	22,00
	Craie avec silex et à la base un tun de 0m,60 d'épaisseur, marne grise.	7,00	— 6,60
	Les Bleux, calcaires argileux, divers.	22,40	— 13,60
	Dièves	61,00	— 36,00
	Tourtia	3,00	— 97,00
	Terrain houiller		—100,00
Fosse n° 4 de la concession de Lens sur un mamelon qui domine le Souchez à 420m de cette rivière.	Terre végétale	1,50	38,00
	Craie brisée	30,50	36,50
	Marnes à silex	35,00	6,00
	Calcaires argileux, les Bleux	34,00	— 29,00
	Dièves	54,00	— 63,00
	Tourtia	1,30	—117,00
	Terrain houiller		—118,30
Fosse n° 5 des mines de Lens sur la déclivité du mont d'Avion versant du Souchez à 292m de cette rivière.	Argile	1,00	41,00
	Craie mêlée de terre coulante	7,44	40,00
	Craie blanche fissurée	31,35	32,56
	Craie à silex	16,04	1,21
	Roche dure marbrée se terminant en terrain de meule	7,49	— 14,83
	Les Bleux	8,30	— 22,32
	Calcaires argileux bleuâtres, verdâtres gris, dièves blanches	Le puits se continue	— 30,62
Fosse de la concession de Liévin sur le coteau gauche du Souchez à 400m de cette rivière.	Terre végétale	0,54	54,54
	Marnette, craie blanche	24,00	54,00
	Craie avec silex, tun à la base	8,50	30,00

INDICATIF (SUITE).

INDICATIONS sur la venue d'eau par jour.	DÉBITS MAXIMA par jour.	OBSERVATIONS.
Débit de 72mc. Débit de 60mc. Faible venue d'eau.	72mc dans la craie à silex.	
Débit de 3,600 à 5.500mc dans la craie. 1.000mc dans la craie à silex. Faible débit.	5.500mc dans la craie sénonienne.	
Niveau à la cote + 32m,10, débit de 6.600mc par jour en août 1872, atteignant en décembre 50.000mc à la cote + 11m. En juin 1873 le débit à la cote + 3m est de 12.000 à 8.000mc dans la craie silex.	50.000mc dans la craie sénonienne.	Les générateurs de 800mc de surface de chauffe actionnaient 6 pompes.
Débit de 131mc.		

TABLEA[U]

DÉSIGNATION et situation des fosses houillères.	PRINCIPAUX TERRAINS TRAVERSÉS.	ÉPAISSEURS des terrains.	COTES de la tête des terrains rapportées au niveau de la mer.
		mètres.	mètres.
Fosse de la concession Liévin (*suite*).	Marnes diverses, plats bancs	27,50	— 21,50
	Bleux	22,00	— 6.00
	Dièves	44,00	— 28,00
	Tourtia	5,00	— 72,00
	Terrain houiller		— 77,00
Fosse Mulot de la concession de Dourges versant droit du Souchez sur le plateau d'Henin-Liétard.	Terre végétale, craie en décombre	2.80	37,00
	Craie tendre	7,95	34.20
	Craie en décombre	5,25	26,25
	Craie dure, craie à silex, dur banc à la base	48,00	21,00
	Bleux	19.40	— 27,00
	Dièves	62,89	— 46,40
	Marnes glauconifères, tourtia	14,11	—109,29
	Terrain houiller		—123,40
Fosse de Billy-Montigny n° 2 de la concession de Courrières dans la vallée du Souchez à 400m de cette rivière.	Terre végétale et argile	1,50	32.00
	Craie argileuse	2,00	30.50
	Craie tendre et craie brisée	20.85	28.50
	Craie chloritée (tun)	0,40	7,65
	Marne à silex et à la base un dur banc de 3m,50 d'épaisseur	32.95	7,25
	Calcaires argileux: bleux, petits bancs	9,05	— 25,70
	Dièves	79,51	— 34,75
	Tourtia	1,90	—114,26
	Terrain houiller		—116,16
Fosse n° 5 de la concession de Courrières dans la vallée du Souchez à 1.500 mètres de cette rivière.	Terre végétale, argile, craie argileuse	15,55	42,33
	Craie tendre et craie brisée	25,15	26,78
	Marnes à silex	24,90	1,63

INDICATIF (SUITE).

INDICATIONS sur la venue d'eau par jour.	DÉBITS MAXIMA par jour.	OBSERVATIONS.
Débit de 6.220^{mc}.	6,220^{mc} dans les plats bancs des calcaires argileux.	Sur d'autres puits dans cette région la marne glauconifère ou tourtia atteint 8^{m} d'épaisseur.
5.600^{mc}. Débit de 1.600^{mc}.	5.600^{mc} dans la craie sénonienne.	
Venue d'eau de 9.240^{mc} atteignant 29.000^{mc}. à la cote + 9^{m}. Venue d'eau atteignant 9.000^{mc} à la cote — 5^{m}.	29.000^{mc} dans la craie sénonienne.	
31.104^{mc}. 10.000^{mc}.	31.104^{mc} à la tête de la craie sénonienne.	

TABLEAU

DÉSIGNATION et situation des fosses houillères.	PRINCIPAUX TERRAINS TRAVERSÉS.	ÉPAISSEURS des terrains.	COTES de la tête des terrains rapportées au niveau de la mer.
		mètres.	mètres.
Fosse n° 5 (*suite*).	Calcaires argileux, bleus, etc.	10,70	— 23,27
	Dièves	76,20	— 33,97
	Tourtia	3,20	—110,17
	Terrain houiller		—113,37
Fosse Sainte-Eugénie n° 1 de la concession de Meurchin dans la vallée de la Deule à 400 mètres de ce canal près du thalweg de la rigole royale.	Terre vegétale et argile	2,00	27,00
	Craie blanche fissurée avec tun à la base	36,00	25,00
	Craie à silex et craie grise	7,25	— 11,00
	Les Bleux	17,20	— 18,25
	Dièves	44,40	— 35,45
	Tourtia	1,20	— 79,85
	Terrain houiller		— 81,05
Fosse de Dorignies, concession de l'Escarpelle.	Terre végétale, sable quaternaire, argile tertiaire	16,20	23,00
	Craie fissurée	56,80	6,80
	Craie à silex	6,50	— 50,00
	Craie sans silex	2,90	— 56,50
	Craie grise sableuse	3,40	— 59,40
	Craie grise avec cornus	8,25	— 62,80
	Dur banc	2,65	— 71,05
	Faux bleux	0,42	— 73,70
	Dur banc	1,68	— 74,12
	Bleux	2,70	— 75,80
	Dur banc	1,68	— 78,50
	Bleux	1,20	— 80,18
	Divers et tourtia	120,62	— 81,38
	Terrain houiller		—202,00

INDICATIF (SUITE).

INDICATIONS sur la venue d'eau par jour.	DÉBITS MAXIMA par jour.	OBSERVATIONS.
2.340^mc.		
Débit de 2.300 à 17.000^mc de la cote + 13^m à la cote — 6^m. Débit de 3.000^mc.	Débit de 27.000^mc dans la craie sénonienne.	
3.000^mc par jour. Venue d'eau à la tête de la craie brisée allant en augmentant jusqu'à 79.000^mc à la cote — 9.1.	79.000^mc à la tête de la craie sénonienne.	Les épuisements dans la craie fissurée ont commencé en avril 1866 et ont duré jusqu'en juillet 1867; on les a interrompus à cette époque et en novembre 1867 on a eu recours au procédé Kind et Chaudron. Les eaux élevées au jour lors du percement de la fosse de Dorignies prises à la tête de craie, mais mélangées aux eaux superficielles des terrains quaternaires et tertiaires marquaient 30° à l'hydrotimètre.

TABLEAU

DÉSIGNATION et situation des fosses houillères.	PRINCIPAUX TERRAINS TRAVERSÉS.	ÉPAISSEURS des terrains.	COTES de la tête des terrains rapportées au niveau de la mer.
		mètres.	mètres.
Fossé de Don, concession d'Annœulin dans la vallée de la Rigole Royale à 1 kilomètre de cette rigole.	Terre végétale, argile.	2,00	24,00
	Craie avec tun de 0m,86 à la base. .	26,00	22,00
	Calcaires argileux.	34,00	— 4,00
	Dièves.	68,00	— 38,00
	Tourtia.	1,80	—106,00
	Terrain houiller.	. . . . . .	—107,80
Fosse de Carvin sur le plateau entre la vallée de la Deule et celle de la Marque.	Terre végétale et argile.	1,10	32,00
	Craie avec tun à la cote + 25m. . . .	27,90	30,90
	Marne à silex et à la base dur banc.	30,00	3,00
	Bleux.	11,00	— 27,00
	Dièves.	. . . . . .	— 38,00
Fosse de Lesquin sur le plateau entre la la vallée de la Deule et celle de la Marque.	Terre végétale et argile.	4,10	50,00
	Craie, craie à silex.	16,00	+ 45,90
	Tun à la base de la craie à silex. .	1,00	29,90
	Dièves, tourtia, greendsand.	48,90	28,90
	Calcaire carbonifère.	. . . . . .	— 20,00

INDICATIF (SUITE).

INDICATIONS sur la venue d'eau par jour.	DÉBITS MAXIMA par jour.	OBSERVATIONS.
Débit de 8,000^{mc}. Débit de 1.200^{mc}.	8.000^{mc} par jour dans la craie sénonienne.	La fosse a été noyée par l'eau du terrain houiller.
700^{mc} dans la craie sénonienne. 2.400^{mc} dans la craie à silex.	2.400^{mc} dans la craie à silex,	A l'avaleresse située près la gare de Carvin dans la même région et sensiblement à la même altitude, on a trouvé la craie à 7^m,75 en contre-bas du sol, la craie à silex à 43^m,85, la meule ou tun à 58^m,78, la craie marneuse à 62^m,28, les dièves à 82^m,75, le tourtia à 136^m,15, le terrain houiller à 138^m,45. Dans la craie à silex, la venue d'eau a varié de 5.000 à 3.000^{mc} par jour.
	8480^{mc}.	Il s'est formé, en 1857, une société pour reprendre des travaux de recherche de houille qui avaient été entrepris à Lesquin vers 1789. Cette société, au lieu de faire des forages d'exploration qui l'eussent tenue en défiance, a approfondi un puits qui avait été commencé à cette époque, mais lorsque les outils pénétrèrent dans une roche dure à 70 mètres environ de profondeur, l'eau survint avec abondance et prit son niveau hydrostatique à 20 mètres environ en contre-bas du sol. On monta une machine d'exhaure actionnée par deux générateurs chacun de 45 chevaux-vapeur. Les épuisements eurent lieu pendant 75 jours et le niveau d'eau ne baissa pas au delà de 45 mètres en contre-bas du sol. M. le colonel du génie Frémont, qui a suivi les travaux, a évalué à 8.480^{mc} par jour la quantité d'eau extraite, M. Dupont, brasseur, qui habite près de là, confirme l'extrême abondance du débit et atteste que l'eau était très-claire et bonne à boire. M. Frémont a cru que la roche qui a donné passage à l'eau appartient au Greensand.— Mais eu égard aux coupes géologiques données par M. Meugy, elle appartiendrait au calcaire carbonifère. Le puits a été abandonné sur la donnée que le calcaire carbonifère en cette région serait un terrain négatif par rapport à la houille. La commission des eaux potables pour l'ali-

TABLEAU

DÉSIGNATION et situation des fosses houillères.	PRINCIPAUX TERRAINS TRAVERSÉS.	ÉPAISSEURS des terrains.	COTES de la tête des terrains rapportées au niveau de la mer.
Fosse de Lesquin (*suite*).			
Fosse Sainte-Marie à Auberchicourt, concession d'Aniche en plaine, entre l'Escaut et la Sensée à 8 et 11 kilomètres de ces rivières.	Terre végétale, argile, sable mouvant, argile plastique, sables tertiaires..................	15,80	28,00
	Craie blanche..............	41,20	12,20
	Marnes grises..............	8,00	— 29,00
	Marne à silex..............	25,60	— 37,00
	Bleux et gris, dièves, craie glauconieuse...............	142,00	— 62,60
	Terrain houiller............	......	204,60
Fosse Saint-René, concession d'Aniche à Guesnain	Argile.................	7,65	32,00
	Craie sénonienne............	45,35	24,35
	Marnes à silex, gris avec silex, gris sans silex, les bleux, les faux bleux, les gris............	51,00	— 21,00
	Craie glauconieuse..........	68,90	— 72,00
	Terrain houiller............	......	—140,90
Fosse de la Naville, concession de Douchy dans le thalweg de la rivière de l'Escaut et à 267m de cette rivière.	Terre végétale............	0,70	31,00
	Craie fissurée et marnes crayeuses fissurées.............	16,80	30,30
	Les bleux...............	2,10	13,50
	Fortes toises à plats bancs très-ouverts...............	16,00	11,40

INDICATIF (SUITE).

INDICATIONS sur la venue d'eau par jour.	DÉBITS MAXIMA par jour.	OBSERVATIONS.
		(Suite de l'observation précédente.) mentation de Lille avait exprimé la crainte que l'eau ne revînt des nombreuses carrières du voisinage après l'exhaure, mais cette crainte me paraît incompatible avec l'affirmation générale que le cuvelage était soigné. D'ailleurs le Greendsand et le calcaire carbonifère sont séparés de la craie où sont ouvertes les carrières dans la tête de l'étage, par l'argile calcaire imperméable, dite *dièvé*. La révélation de cette nappe souterraine sur la ligne de faîte séparative des vallées de la Deule et de la Lys, entre Lille et Roubaix a une importance qu'on ne saurait méconnaître
Faible débit. la craie compacte. Débit atteignant 10.000^{mc} dans la marne à silex.	10.000^{mc} dans la craie à silex.	La fosse Sainte-Marie est établie dans une vallée que présente le terrain houiller qui est comblée par un dépôt de marnes glauconifères, puis par des assises argileuses qui forment la base de la formation crayeuse. Ces assises ont une épaisseur beaucoup plus grande qu'en tout autre point de la concession d'Aniche.
10.500 à 15.000^{mc} à la tête de la craie. 7.500^{mc} dans la marne à silex. 7.000^{mc} dans les plats bancs.	15.000^{mc} à la tête de la craie.	Dans les autres fosses de la concession d'Aniche situées près de Douai dans le thalweg de la vallée de la Scarpe, on trouve de l'eau en énorme quantité à la tête de la craie, faits déjà signalés dans cette région (à la fosse de Dorignies, compagnie de l'Escarpelle).
Venue d'eau qui a nécessité l'emploi de l'air comprimé. Débit assez faible. On passe ce terrain par les procédés ordinaires	16.000^{mc} dans les plats bancs des calcaires argileux.	

TABLEAU.

DÉSIGNATION et situation des fosses houillères.	PRINCIPAUX TERRAINS TRAVERSÉS.	ÉPAISSEURS. des terrains.	COTES de la tête des terrains rapportées au niveau de la mer.
Fosse de Lesquin, etc.	Dièves, etc.	......	— 4,60
Fosse Thiers, concession d'Anzin à 60m de la gauche de l'Escaut canalisé sur le plateau entre Somain et Abscon.	Argile, tourbe, sables mouvants, gravier avec silex, argile compacte faisant la base du faux niveau..	8,81	21,00
	Craie et marne fendillée.	57,16	12,19
	Les bleux.	10,00	— 44,97
	Dièves.	48,00	— 54,97
	Grès vert.	16,50	—102,97
	Terrain houiller.	......	—119,47
Fosse Saint-Pierre, concession de Saint-Aybert, compagnie de Thivencelle à 500m du canal de Mons à Condé.	Terre végétale, tourbe, sables mouvants, gravier, argile compacte.	13,12	20,00
	Sable vert.	1,00	6,88
	Craie blanche.	25,37	5,88
	Marnes crayeuses.	2,97	— 19,49
	Marnes à silex.	13,84	— 22,46
	Bleux.	61,25	— 36 30
	Dièves.	17,07	— 97,55
	Grès vert.	33,60	—114,62
	Terrain houiller.	......	—148,22

INDICATIF (SUITE).

INDICATIONS sur la venue d'eau par jour.	DÉBITS MAXIMA par jour.	OBSERVATIONS.
Venue d'eau de 16.000^{mc} qui nécessite à nouveau l'emploi de l'air comprimé.		
3.100^{mc} dans le gravier. Volume d'eau considérable dès qu'on entre dans la craie fendillée atteignant 59.400^{mc} Très-faible venue d'eau.	59.400^{mc} dans la craie fendillée.	Les travaux de la fosse Thiers ont été commencés le 26 février 1856 et achevés le 14 septembre 1856. A la fosse Casimir Périer ouverte dans le plateau qui sépare Somain d'Abscon, la venue d'eau maxima a été dans les marnes à silex, à 45 mètres de profondeur, elle n'était que de 1.600^{mc} par jour.
19.800^{mc} dans le sable tertiaire. 3.960^{mc}. 2.000^{mc}. Faible venue d'eau. Débit dans les sables verts du Green Sand nécessitant la marche de 200 chevaux-vapeur et pouvant être évalué à 4.250^{mc}.	19.800^{mc} dans les sables tertiaires.	

DOCUMENT ANNEXE N° 3.

NOTE SUR LE DÉBIT DES FORAGES ET DES PUITS DE MINES

EU ÉGARD AU DIAMÈTRE ET A LA CHARGE D'EAU.

Causes du grand débit dans les fosses houillères.— Observations sur l'entraînement des matières.

La décroissance de débit d'un forage, au fur et à mesure que l'on élève le point de dégorgement des eaux, et l'augmentation du débit, au fur et à mesure que l'on abaisse ce point, sont hors de conteste.

M. Darcy a consigné, dans *les Fontaines de Dijon*, les expériences faites par MM. Lefort et Mary au puits de Grenelle, en février 1844, et en a déduit les chiffres ci-dessous (page 159) :

HAUTEUR des voies d'écoulement au-dessus du sol.	VOLUME débité en litres par seconde.	OBSERVATIONS.
mètres.	litres.	M. Darcy a calculé que, eu égard à ces données, le point théorique auquel l'eau s'élèverait pour absorber toute la vitesse, serait à 128^m,40 au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire à 81^m,60 au-dessus du sol.
00,00	20,00	
14,50	16,38	
25,05	14,26	On sait que le régime du puits de Grenelle a varié depuis la construction du puits de Passy.
33,10	12,44	Les expériences et calculs ci-contre sont antérieurs.

Quand la base du tube d'un forage est engagée dans des sables fluides et que l'orifice de décharge est très-élevé, le ralentissement de la vitesse ascensionnelle provoque un ensablement au pied de la colonne.

Les puisatiers, ou pompent dans ce forage, ou bien ménagent sur le tube ascensionnel, au point le plus bas possible, un ajutage par lequel l'eau puisse avoir une issue favorable. L'élévation de vitesse obtenue entraîne le sable, et quand l'ensablement a disparu, on remet les choses en l'état. Toutes ces observations concordent.

Or, dans les forages faits en vue de l'alimentation des agglomé-

rations, on ne se préoccupe que d'obtenir des eaux jaillissantes, et l'on considère le forage comme manqué quand ce résultat n'est pas obtenu.

Cependant, dans la construction des avaleresses des mines de charbon où l'on n'obtient pas l'eau jaillissante, les débits d'exhaure sont toujours appréciables et souvent considérables pendant les périodes qu'atteignent plusieurs années, où l'on cuvelle. On n'a pas, pour expliquer ces faits, à faire intervenir l'existence de grandes cavités souterraines, qui est une anomalie. L'altitude de l'assise du terrain imperméable qui supporte les eaux, établit la seule différence qui existe entre les sources superficielles et celles souterraines. Là où le sol n'a pas été soumis à de violentes secousses, les couches sont disposées en bassins emboîtés les uns dans les autres. Les eaux pluviales s'infiltrent dans les affleurements des diverses formations géologiques, et les nappes souterraines sont d'autant plus pérennes qu'elles appartiennent à des couches plus anciennes, dont les affleurements sont plus éloignés.

Les épuisements effectués aux fosses houillères et l'alimentation d'un grand nombre d'usines du Nord et du Pas-de-Calais montrent d'ailleurs que les nappes de l'étage supérieur et de l'étage moyen de la craie peuvent être aspirées sans que l'on ait à craindre un entraînement de matières, de nature à amener des affouillements.

L'expérience faite aux manufactures de Roubaix et Tourcoing pendant de longues années prouve que le danger d'affouillement n'existe, pour le puisage au sable tertiaire, que si l'on imprime à la marche des pompes une vitesse exagérée.

L'aspiration sur des sables très-fluides, comme ceux de Passy et de Grenelle, serait au contraire une témérité, puisqu'on a dû surélever le tube de dégagement du puits de Grenelle pour diminuer la vitesse ascensionnelle et prévenir l'entraînement des sables.

DOCUMENT ANNEXE N° 4.

NOTE SUR LA POMPE EMPLOYÉE DANS LES MINES.

Les parties essentielles des pompes employées pour l'exhaure des eaux souterraines sont :

1° Le tuyau d'aspiration, surmonté d'une partie conique en fonte où est placée la soupape dite *secret;*

2° Le corps, dit *travaillante*, dans lequel se meut le piston; au-dessus du corps de pompe se monte le tuyau d'ascension.

Ces pompes élévatoires marchent noyées, et leur installation comme leur réparation est commode. Le piston se retire par le haut et se remet facilement en place. Le clapet d'aspiration, muni d'un anneau, peut être enlevé par un crochet placé à l'extrémité d'une tige. Ces dispositions, d'où résulte une grande facilité pour remplacer les organes, se rencontrent dans les pompes alimentaires des manufactures de l'arrondissement de Lille, dont nous avons indiqué plus haut le type usuel.

La pompe des mines n'a même pas besoin d'être attachée sur fondations; on peut la suspendre à la surface par des tiges de fer susceptibles d'allongement à l'aide de vis.

On a considérablement augmenté dans les derniers temps la dimension des travaillantes. Le diamètre 0^{m},55, avec 3 mètres de course, est d'usage courant.

C'est avec six pompes de ce calibre que l'on vient, dernièrement, de franchir le niveau à la fosse n° 5 de la concession houillère de Lens, jusqu'à 38 mètres de profondeur.

Les travaillantes de $0^{m},70$ de diamètre sont aussi employées. On a même été jusqu'au diamètre de 1 mètre.

Tantôt on établit un puits d'un grand diamètre avec deux jeux de pompes; tantôt on établit des puits jumeaux d'un plus faible diamètre, chacun avec un seul jeu de pompes.

DOCUMENT

ANALYSE ET QUALITÉ

de l'arrondissement de Lille, comparées à

BASSIN DE L'ESCAUT ET DE SES AFFLUENTS la Scarpe et la Lys.		BASSIN DE
Indication des nappes d'eau.	Degré hydrotimétrique.	Indication des nappes d'eau
		I. — TERRAINS TERTIAIRES.
		1° ÉTAGE MIOCÈNE.
		Terrains supérieurs au gypse, calcaires lacustres de Beauce, sables de Fontainebleau recouverts par les calcaires de Beauce, sables de Fontainebleau.
		2° ÉTAGE ÉOCÈNE.
		Marnes vertes et marnes de Gypse recouvertes soit par les sables de Fontainebleau, soit par les argiles à meulières de Brie.
»	»	1° Région gypsifère des environs de Paris. . . . .
		2° Région non gypsifère en s'éloignant de Paris. . . . . .

ANNEXE N° 5.

DES EAUX SOUTERRAINES

celles superficielles du bassin de la Seine.

LA SEINE. Degré hydrotimétrique.	OBSERVATIONS.
7°,30 à 25°	
24° à 155°	Les sources d'Arcueil distribuées à Paris sont comprises dans cette catégorie. Elles marquent 37°,50 à l'hydrotimètre. Les sources des Prés-Saint-Gervais marquent 76° et celles de Belleville 155°.
19°,60 à 33°	Les eaux de la Dhuis distribuées à Paris appartiennent à ce niveau. (Voir la carte géologique annexée au mémoire de M. Belgrand sur les eaux de Paris, 1858.) Elles marquent 23° à l'hydrotimètre.
	Les poids, en grammes, des sels dissous dans 1 litre d'eau sont (*la Seine*, page 162) : grammes. Argile silice . . . . . 0,010 Alumine et peroxyde de fer . . . . . faibles traces Chaux . . . . . 0,128 Magnésie . . . . . 0,010 Alcalis . . . . . 0,009 Chlore . . . . . 0,003 Acide sulfurique . . . . . 0,005 Acide carbonique et mat. non dosées. 0,113 Eau combinée et matières organiques. 0,017 Total 0,295
	Les sources de l'Ourcq (*la Seine*, page 126) appartiennent aussi à ce niveau géologique. Elles marquent 33° à l'hydrotimètre.

ANALYSE ET QUALITÉ

BASSIN DE L'ESCAUT ET DE SES AFFLUENTS la Scarpe et la Lys.		BASSIN DE
Indication des nappes d'eau.	Degré hydrotimétrique.	Indication des nappes d'eau.
		3° Terrains perméables compris entre les marnes du gypse et l'argile plastique. .
Sables de la base des terrains tertiaires appartenant au système landénien de M. Dumont (*a*).	6°	4° Argile plastique à la base des terrains alternant avec les sables. . . . .

DES EAUX SOUTERRAINES (SUITE).

LA SEINE. Degré hydrotimétrique.	OBSERVATIONS.
13°,50 à 46°	La composition des eaux de l'Ourcq distribuées à Paris est (*Dupuit*, 1865, page 21) :
20°,10 à 80°	(*a*) Les eaux de ce terrain, recueillies à Tourcoing à la brasserie de M. Bouillet, ont éte titrées à l'hydrotimètre et analysées à l'Ecole des ponts et chaussées (1875). M. Durand-Claye a donné l'analyse ci-dessous par litre d'eau :

	grammes.
Bicarbonate de chaux	0,158
— de magnésie	0,075
— de potasse	»
Sulfate de chaux	0,080
— de magnésie	0,095
Chlorures de calcium, sodium	0,113
Acide silicique, oxyde de fer, alumine, matières organiques	0,069
Total	0,590

	grammes.
Acide sulfurique	0,1435
Chlore	0,0848
Silice	0,0348
Peroxyde de fer et alumine	0,0041
Chaux	0,0177
Magnésie	0,0060
Alcalis	0,3353
	0,6262
Oxygène en trop répondant au chlore, à déduire	0,0176
Reste	0,6086
Matières organiques et eau combinée	0,0244
Acide carbonique et produits non dosés	0,1827
Total	0,8157

M. Girardin a analysé les eaux du même terrain provenant du forage de M. Grimonpré, à Roubaix ; il a trouvé pour les résidus salins, en majeure partie formés de sels alcalins, 0g,55.

Les eaux des forages de Roubaix et Tourcoing, pratiqués dans les sables tertiaires, cuisent bien les légumes, savonnent bien, et il en est généralement ainsi des eaux de cette nappe. Elles sont alcalines, mais salubres et agréables.

Par exception, les eaux de ces sables, recueillis dans le thalweg de la vallee de la Deule, dans l'ancien Lille, ont une odeur sulfhydrique et marquent 36° à l'hydrotimètre. La cause en est dans la superposition accidentelle de rognons de pyrites.

ANALYSE ET QUALITÉ

BASSIN DE L'ESCAUT ET DE SES AFFLUENTS la Scarpe et la Lys.		BASSIN DE
Indication des nappes d'eau.	Degré hydrotimétrique.	Indication des nappes d'eau.
		II. TERRAINS SECONDAIRES.
CRAIE BLANCHE. Tête de la craie sénonienne (c).	23° à 24°	CRAIE BLANCHE. Craie couronnée par les terrains tertiaires (b).......

DES EAUX SOUTERRAINES (SUITE).

LA SEINE. Degré hydrotimétrique.	OBSERVATIONS.
17°,33 à 27°,50	(b) Les sources de la Vanne, appropriées par la ville de Paris, appartiennent à cet étage géologique. Elles marquent de 17°,40 à 20° à l'hydrotimètre (*la Seine*, page 167). La composition des substances solubles est (*la Seine*, p. 169), source Saint-Philibert : (see below). La proportion des gaz dissous (sources d'Armentières) est la suivante en centimètres cubes par litre : (see below).

(b) Les sources de la Vanne, appropriées par la ville de Paris, appartiennent à cet étage géologique. Elles marquent de 17°,40 à 20° à l'hydrotimètre (*la Seine*, page 167).

La composition des substances solubles est (*la Seine*, p. 169), source Saint-Philibert :

	grammes.
Carbonate de chaux	0,1974
— de magnésie	0,0021
Alumine et traces d'oxyde de fer	0,0014
Silice	0,0079
Sulfate de chaux	0,0004
Chlore	0,0025
Acide sulfurique	0,0044
Sodium avec trace de potassium	0,0047
	0,2208
Eau et perte	0,0045
Total	0,2253

La proportion des gaz dissous (sources d'Armentières) est la suivante en centimètres cubes par litre :

Acide carbonique	20,3
Oxygène	6,4
Azote	14,9
Total	41,6

(c) L'analyse qualitative des eaux de la tête de la craie, envoyées depuis lors à Lille, a donné les chiffres suivants (M. Girardin, 1865) :

DÉSIGNATION des matières.	SÉCLIN. — Degré hydrotimétrique. 23°	EMMERIN, près Lille. — Degré hydrotimétrique. 24°	OBSERVATIONS.
	gr.	gr.	
Carbonates de chaux et de magnésie	0,2666	0,2937	Ces eaux ne renferment aucune trace d'ammoniaque, d'hydrogène sulfuré et de nitrates.
Sulfate de chaux	0,0176	0,0159	
— de magnésie	0,0179	0,0085	
Chlorure de magnésium	0,0320	0,0650	
Chlorures de sodium et de potassium	0,0031	0,0074	
Silice, alumine, phosphate de chaux, oxyde de fer, matières organiques et perte	0,0078	0,0120	
Totaux	0,3450	0,4025	

ANALYSE ET QUALITÉ

BASSIN DE L'ESCAUT ET DE SES AFFLUENTS la Scarpe et la Lys.		BASSIN DE
Indication des nappes d'eau.	Degré hydrotimétrique.	Indication des nappes d'eau.
Craie à silex.	24°,5 à 25°	»

DES EAUX SOUTERRAINES (SUITE).

LA SEINE. Degré hydrotimétrique.	OBSERVATIONS.

La proportion de gaz dissous est la suivante en centimètres cubes par litre.

DÉSIGNATION des matières.	SOURCES d'Emmerin.	SOURCES du canal de Séclin.	OBSERVATIONS.
Acide carbonique.	20,94	14,43	
Oxygène.	7,13	10,50	
Azote.	15,43	14,07	
Totaux.	43,50	39,00	

Rappelons, à titre de comparaison, la composition des eaux de la Seine, qui marquent de 17 à 20 degrés à l'hydrotimètre.

Les chiffres suivants, pour les résidus salins, sont donnés par M. Dupuit (page 21) :

	grammes.	
Bicarbonate de chaux.	0,230	
— de magnésie.	0,076	
— de potasse.	»	
Sulfate de chaux.	0,040	
— de magnésie.	0,030	
Chlorures de calcium, sodium.	0,032	
Acide silicique, oxyde de fer, alumine.	0,024	Eau prise à Chaillot.
Total.	0,432	

M. Girardin (1865) a donné l'analyse qualitative suivante :

DÉSIGNATION des matières.	FORAGE d'Emmeriu.	EAU du forage chez M. Wallaërt, à Moulins-Ville.	OBSERVATIONS.
	gr.	gr.	
Carbonates de chaux et de magnésie.	0,3036	0,3455	Ces eaux ne renferment aucune trace d'ammoniaque, d'hydrogène sulfuré et de nitrates.
Sulfate de chaux.	0,0176	0,0326	
— de magnésie. . .	0,0170	0,0172	
Chlorure de magnésium.	0,0480	0,0142	
Chlorures de sodium et de potassium.	0,0070	0,0348	
Silice, alumine, phosphate de chaux, oxyde de fer, matières organiques et perte.	0,0123	0,0109	
Totaux.	0,4055	0,4552	

ANALYSE ET QUALITÉ

BASSIN DE L'ESCAUT ET DE SES AFFLUENTS la Scarpe et la Lys.	
Indication des nappes d'eau.	Degré hydrotimétrique.
CRAIE MARNEUSE.	
1° Eau des Bleus recueillie à la fosse n° 5 de la concession de Lens.	8°,5
2° Eau des Dièves blanches recueillie à la même fosse. .	4°,5
Tourtia remplaçant l'étage crétacé inférieur.	22°,3

BASSIN DE
Indication des nappes d'eau.
CRAIE MARNEUSE.
A la limite de la Champagne sèche et de la Champagne humide, en Normandie, à l'aval de Rouen et dans le pays de Bray. . . . . . .

DES EAUX SOUTERRAINES (SUITE).

LA [illegible]. Degré hydrotimétrique.	OBSERVATIONS.
»	La proportion des gaz dissous est, par litre, en centim. cubes : Acide carbonique. . . . . 20,972 Oxygène. . . . . 6,778 Azote. . . . . 16,250 Total. 44,000
14°,5 à 22°	Les calcaires argileux, dans les fosses houillères du Nord et du Pas-de-Calais contiennent quelquefois beaucoup d'eau quand les plats bancs sont ouverts. Exemples : Douchy (fosse de la Naville), Marles (fosse n° 1). Les Bleux, les Dièves vertes ne contiennent pas de pyrites. La Diève blanche, qui recouvre le tourtia dans un grand nombre de fosses du bassin houiller du Pas-de-Calais, en contient en rognons ou en masses cristallisées, mais comme la Diève l'enveloppe, celle-ci n'est qu'exceptionnellement altérée. Les degrés hydrotimétriques 8°,5 et 4°,5 ont été trouvés au laboratoire de l'École des ponts et chaussées. Les eaux de l'étage crétacé moyen sont peu chargées de carbonates de chaux et de magnésie, mais le sont en sels de potasse et de soude. L'analyse de l'eau prise dans cet étage, à Roubaix, au puits foré de M. Lefèvre, a donné la composition suivante sur le résidu par litre (M. Girardin, 1861) : grammes. Carbonate de chaux. . . . . 0,0551 — de magnésie. . . . . 0,0391 Silice, alumine, phosphate de chaux, oxyde de fer. . . . . 0,0418 Sels alcalins solubles consistant en silicates, sulfates, chlorures et carbonates de potasse et de soude. . . 0,6400 Total. . . . . 0,7760 Ces eaux sont chargées d'acide carbonique; et une partie de la potasse et de la soude y est à l'état de carbonate. Médiocres pour la teinture, elles sont parfaites pour les usages domestiques.
»	Cet échantillon a été pris au forage de la fabrique de produits chimiques de Croix, poussé au-dessous des argiles dites Dièves et à la limite du calcaire carbonifère, à 83 mètres de profondeur. M. Mangon, au laboratoire de l'École des ponts et chaussées, a trouvé un résidu de 0g,479 par litre présentant la composition suivante : grammes. Acide sulfurique. . . . . 0,0020 Chlore. . . . . 0,0304 Silice. . . . . 0,0330 Peroxydes de fer et d'alumine. . . . . 0,0060 Chaux. . . . . 0,1498 Magnésie. . . . . 0,0299 Alcalis. . . . . [illegible] Matières organiques et eau combinée. 0,0268 Acide carbonique et produits dosés. . 0,1338 Total. 0.4796

ANALYSE ET QUALITÉ

BASSIN DE L'ESCAUT ET DE SES AFFLUENTS la Scarpe et la Lys.		BASSIN DE
Indication des nappes d'eau.	Degré hydrotimétrique.	Indication des nappes d'eau.
Terrain houiller.........	» (Voir ci-contre.)	»
CALCAIRE CARBONIFÈRE.		
Eau du puits de la brasserie Vandamme, à Lille.... (*a*)	17°	»

DES EAUX SOUTERRAINES (SUITE).

LA SEINE.	OBSERVATIONS.
Degré hydrotimétrique.	
	Une grande partie du bourg de Croix a été alimentée pendant six mois uniquement par cette eau lors de la sécheresse de 1874, et l'on s'en est bien trouvé.
»	Le terrain Aachenien manque, avons-nous dit, dans l'arrondissement de Lille et dans une grande partie du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, mais il est représenté par le Torrent dans l'arrondissement de Valenciennes. Les mineurs d'Anzin appellent ainsi un sable grossier formé de grains de quartz brisés, mélangés d'argile, renfermant des paillettes de mica. Ce terrain renferme des végétaux fossiles, du lignite ; il forme une poche restreinte à peu près circulaire, creusée dans le terrain houiller de l'arrondissement de Valenciennes et recouverte par les terrains crétacés. Son épaisseur décroît vers les fonds et le maximum en est de 18 mètres. Cette poche était remplie d'eau salée, mais les machines élévatoires ont extrait, dans les limites de leur action, la presque totalité de l'eau du Torrent. Des rudiments de ce terrain existent dans la concession de Carvin, dans celle de Béthune, près Mazingarbe. L'analyse de l'eau du Torrent (fosse Joseph Périer, concession d'Anzin) a été faite par M. Roger-Laloy (*Mémoires de la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, 1874). La densité est de 1,0133. Cette eau renferme par litre : 5g,526 de sulfate de protoxyde de fer, 8 ,450 de chlorure de sodium, et 3 ,736 de sulfate de soude. L'eau du Torrent est la seule des terrains supérieurs au terrain houiller de la région du Nord et du Pas-de-Calais qui soit salée. La salure des roches houillères est fréquente. Elle se rencontre notamment : à Euclos, Hevin, Haveluy, à la fosse Casimir Périer (Anzin), à la fosse n° 1, concession de Meurchin. M. Laloy estime que : « l'eau salée du terrain houiller « n'est autre chose que de l'eau des mers de cette époque « emprisonnée dans la houille en voie de formation, et qui, « soumise à différentes causes ayant eu pour objet d'altérer « plus ou moins sa composition primitive, s'est conservée « jusqu'à nos jours. » La salure de l'eau du Torrent provient des couches houillères inférieures, la dépression dans laquelle sont enfermés les sables à lignites, communiquant avec le terrain houiller par des fissures.
»	(a) Ce forage a été exécuté, en 1840, par M. Degousée. Le calcaire carbonifère a été atteint à la cote 47 et la nappe d'eau jaillissante à la cote 85. La coupe en est donnée par M. Meugy, page 222 de son *Essai de géologie pratique*. L'analyse en a été faite par M. Durand-Claye, au laboratoire de l'École des ponts et chaussées, comme ci-dessous : grammes. Acide sulfurique. . . . . 0,1360 Chlore. . . . . 0,0444 Silice. . . . . 0,0163 *A reporter*. 0,1967

ANALYSE ET QUALITÉ

BASSIN DE L'ESCAUT ET DE SES AFFLUENTS la Lys et la Scarpe.		BASSIN DE
Indication des nappes d'eau.	Degré hydrotimétrique.	Indication des nappes d'eau.
Eau du puits de l'Hôpital militaire à Lille (b).......	27°	»

DES EAUX SOUTERRAINES (SUITE).

LA SEINE. Degré hydrotimétrique.	OBSERVATIONS.
»	(see below)

Report	0,1967
Peroxyde de fer et alumine	0,0117
Chaux	0,0445
Magnésie	0,0283
Alcalis	0,2675
Matières organiques	0,0052
Acide carbonique et produits non dosés	0,1593
Résidu total	0,7132

(*b*) M. Violette, doyen de la Faculté des sciences de Lille, a trouvé (1875) les dosages suivants, effectués sur la partie soluble et sur la partie insoluble de 20 litres, en les ramenant à ce qu'ils seraient pour 1 litre.

Partie soluble.	grammes.
Chlore	0,034.63
Acide sulfurique	0,139.55
Matières organiques	0,016.00
Potasse	0,028,58
Soude	0,273.80
Silice soluble	0,005.50
Alumine et oxyde de fer	0,001.80
Partie insoluble.	
Chaux	0,055.85
Magnésie	0,008.44
Silice soluble	0,006.00
Alumine	0,016.30
Oxyde de fer	0,001.70
Acide carbonique, etc.	0,156.00
Total	0,744.00

Par l'ébullition, il se dépose des carbonates de chaux, de magnésie, de l'alumine, de la silice, mais il n'y a pas traces de sulfates dans le dépôt. La partie soluble est composée de chlorures et de carbonates alcalins, avec une minime quantité de silice et d'alumine.

Suivant ce chimiste, les résultats fournis par le dosage des divers éléments peuvent être interprétés de la manière suivante :

Constitution de l'eau par litre.

	grammes.
Carbonate de chaux	0,092
— de magnésie	0,018
Alumine	0,018
Oxyde de fer	0,002
Silice soluble	0,012
Chlorure de sodium	0,057
Sulfate de soude	0,248
Carbonate de soude	0,231
— de potasse	0,042
Matières organiques	0,016
Eléments non dosés et pertes	0,008
Résidu sec par litre	0,744

ANALYSE ET QUALITÉ

BASSIN DE L'ESCAUT ET DE SES AFFLUENTS la Scarpe et la Lys.		BASSIN DE
Indication des nappes d'eau.	Degré hydrotimétrique.	Indication des nappes d'eau.

DES EAUX SOUTERRAINES (SUITE).

LA SEINE. Degré hydrotimétrique.	OBSERVATIONS.

On sait (Belgrand, *la Seine*, page 162) qu'un degré hydrotimétrique correspond théoriquement à 0g,0057 de chaux et à 0g,0042 de magnésie. Les degrés hydrotimétriques indiqués ci-dessus sont supérieurs à ceux théoriques; mais, comme me l'a fait remarquer M. Violette, ces degrés hydrotimétriques sont dus en partie à l'acide carbonique libre.

La composition des gaz dissous par litre a été trouvée par M. Violette, en centimètres cubes :

	centim. cubes.
Acide carbonique	17
Oxygène	4
Azote	25
Total	46

M. Girardin (1861) a analysé l'eau du même terrain provenant du forage de MM. Wibaux, manufacturiers à Roubaix; il a trouvé la composition suivante pour les sels en dissolution dans un litre d'eau :

	grammes.
Carbonate de chaux	0,0872
— de magnésie	0,0562
Silice, alumine, phosphate de chaux, oxyde de fer	0,0480
Sels alcalins solubles consistant en : silicates, sulfates, chlorures, carbonates de potasse et de soude	0,4413
Matières organiques	traces
Total	0,6327

Ces eaux sont saturées d'acide carbonique; une partie de la potasse et de la soude est à l'état de bicarbonate, comme dans les eaux de Vichy.

Rappelons que de 1841 à 1873, époque du fonctionnement de la distribution d'eau publique, les habitants du quartier de l'Esplanade, à Lille, se sont surtout servis de l'eau de la brasserie Vandamme et du forage voisin pratiqué dans l'Esplanade jusqu'au calcaire carbonifère; cette eau était considérée comme parfaite dans le quartier, et je puis le certifier en ayant longtemps usé. Enfin, je tiens de M. le docteur Guœry, médecin en chef de l'hôpital militaire de Lille, que de 1841 à 1875, époque où l'on a desservi cet établissement par un abonnement aux eaux de la ville, l'eau du calcaire carbonifère a été trouvée constamment bonne pour tous les usages domestiques. On s'en servait exclusivement à la pharmacie de cet important établissement hospitalier.

Les résidus donnés par l'évaporation à sec d'un litre d'eau de la Grande-Grille, à Vichy, étant de 7.006 milligrammes par litre dont 6.272 en bicarbonates alcalins, la minéralisation alcaline des eaux de la craie marneuse est d'environ le onzième de celle des eaux de Vichy, et celle des eaux du calcaire carbonifère environ le vingtième. Aussi M. Violette et M. Girardin considèrent-ils ces diverses eaux alcalines comme salubres et bonnes pour les usages domestiques.

DOCUMENT ANNEXE N° 6.

Prix de revient de l'eau des puits forés élevée par des pompes au moment où a été inaugurée la distribution d'eau de Roubaix et Tourcoing.

Le type des pompes était celui correspondant à $0^m,09$ de diamètre et $0^m,26$ de course, donnant 28 oscillations doubles par minute. La hauteur d'ascension était en moyenne de 45 mètres.

Le poids de la colonne d'eau à soulever a pour expression :

$$\frac{\pi}{4}(0,09^2 \times 45 \times 1000) = 286^k,28.$$

La vitesse par seconde est :

$$\frac{2 \times 28}{60} \times 0,26 = 0,24\,;$$

le travail utile par seconde a pour expression en kilogrammètres :

$$286^k,28 \times 0,24 = 68^{km},71.$$

Le rendement des machines élévatoires varie notablement avec le système employé, et est d'autant plus faible que l'effet à produire s'applique à moins de force motrice. Dans l'espèce, le rapport de l'effet utile au travail moteur étant évalué 50 p. 100, la force motrice à développer était moyennement de :

$$\frac{68,71}{0,50 \times 75}, \text{ soit } 1^{ch.\text{-}vap.},83.$$

Ceci posé, la force moyenne des machines montées à haute pression était de 20 chevaux, et la consommation d'eau, à raison de 4 hectolitres par cheval-vapeur et par jour, était de 8 mètres cubes. Les dépenses annuelles pouvaient être ainsi évaluées :

	francs.
Frais annuels de réparation et d'usure de la pompe.	108 (1)
Frais annuels de descente dans le puits pour le remplacement du seau et le graissage des articulations.	70 (2)
Frais d'entretien du forage et du puits répartis sur une période de dix ans.	150 (3)
Charbon à raison de 4 kilogrammes par cheval-vapeur et par heure, au prix de 0f.021 le kilogr. .	pour mémoire.

CALCUL DE LA DURÉE DE LA MARCHE.

Chaque coup de piston élèverait théoriquement :

$$\frac{\pi}{4}(0{,}09^2 \times 0{,}26) = 0^{mc}{,}0016541,$$

mais, dans la pratique, le volume d'eau élevé n'est pas égal à celui engendré. Le déchet est de 20 p. 100 en raison des imperfections du système, de telle sorte que le volume élevé ressort à :

$$0^{mc}{,}0016541 \times 0.80 = 0{,}00132,$$

ce qui donne par heure :

$$0{,}00132 \times 28 \times 60 = 2^{mc}{,}218,$$

d'où l'on voit que la durée de la marche doit être prise dans ce calcul de :

$$\frac{8}{2.218} = 3^{heures}{,}61.$$

La dépense de combustible ressort donc par jour à :

$$3{,}61 \times 1{,}83 \times 4 = 26^{k}{,}43 \text{ à } 0^{f}{,}021, \text{ soit } 0^{f}{,}555,$$

et pour 300 jours à 166f,48 (4).

Total des frais annuels (1) (2) (3) (4). 494f,68

soit, par mètre cube, $\frac{494{,}68}{300 \times 8} = 0^{f}{,}21.$

Frais dans le cas où le matériel est à créer.—Si le ma-

tériel eût été à créer, il eût fallu ajouter, pour intérêts et amortissement, en ce qui touche la pompe. 75f,00 (1)

Pour la construction du puits (intérêts et amortissement de 4.500 francs). 270f,00 (2)

Le total des frais annuels ressort ainsi à. 839f,68

ce qui donne par mètre cube $\frac{839,68}{8 \times 300} = 0^{f},35$.

Ajoutons que le faible prix de revient de l'eau soumise à la réfrigération a engagé un certain nombre de manufacturiers à remplacer par des machines à condensation celles à haute pression, pour diminuer la dépense en combustible.

Laon, le 3 septembre 1877.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CHRONIQUE.

Mai 1878.

N° 23

Le pont flottant de l'Hooghly. — Les détails suivants ont été présentés par M. B. Leslie à la Société des ingénieurs civils de Londres.

Ce pont est destiné à réunir Calcutta et Howrath, villes situées en face l'une de l'autre sur les rives de l'Hooghly. Cette rivière a plus de 550 mètres de largeur; les variations de niveau dues à la marée atteignent 6 mètres; la plus grande profondeur en basses eaux est de 10 mètres; enfin le courant a une vitesse de 10 kilomètres à l'heure environ.

Il était nécessaire que les navires pussent passer de part et d'autre de ce pont, par suite des conditions locales du port et des exigences de la navigation.

Le pont est porté par 28 pontons accouplés pour plus de sécurité, chaque paire de pontons portant en moyenne 30 mètres de plancher; les pontons accouplés sont solidement reliés l'un à l'autre par des poutres horizontales solidement fixées au plancher par des pièces diagonales. Les poutres horizontales en bois de teck sont au nombre de 4, placées parallèlement à l'axe du pont, à $4^m,10$ les unes des autres; elles surplombent de part et d'autre de $6^m,40$. Les pontons ont $38^m,50$ de longueur, 3 mètres de largeur et leur profondeur varie de $2^m,40$ à $3^m,30$: ils sont solidement ancrés sur des corps morts placés exactement dans l'axe du ponton, et situés à 275 mètres l'un de l'autre, l'un à l'amont l'autre à l'aval.

Sur les poutres horizontales en bois reposent 4 poutres en tôle qui supportent le plancher. Celui-ci à une longueur de 565 mètres;

la largeur est de 20^m,60 comprenant une voie charretière de 16^m,40 reposant sur les poutres métalliques et deux trottoirs latéraux en surplomb de 2^m,10 chacun.

Ce plancher est à une hauteur suffisante au-dessus de l'eau pour ne pas gêner le mouvement des barques et des bateaux, soit 8^m,20 à la partie centrale; il est de niveau sur une longueur de 117 mètres de chaque côté de l'axe; puis sur 178 mètres il présente une inclinaison de 1 sur 40, il y a alors une partie horizontale de 6 à 6^m,70 au-dessus du niveau de l'eau. Entre ces parties et les culées se trouve une partie qui s'incline à 1 sur 16 dans l'un ou l'autre sens suivant que la mer est haute ou basse; cette passerelle est supportée par trois arcs (bowstrings), de 38^m,50 de longueur et pesant 66 tonnes chacun.

Comme les intervalles entre les pontons sont en général obstrués par des pièces de charpente en surplomb, on a réservé de chaque côté, près du rivage, deux parties où il y a un espace absolument libre de 18^m,30. Enfin il y a au centre une partie mobile de 60 mètres de largeur nécessaire pour le passage des navires : elle est constituée par la portion correspondante à deux paires de pontons. Le pont est ouvert en moyenne deux fois par semaine. On déplace ensemble ces quatre pontons en hâlant sur des bouées contre le courant ; lorsque le déplacement est assez grand, cet ensemble est séparé en deux parties que l'on place derrière les parties fixes du pont. La fermeture se fait par une opération inverse : ces opérations durent respectivement 15 et 20 minutes.

Le fer employé à la construction des pontons pèse 1.650 tonnes, les poutres 875 tonnes; tous les matériaux proviennent d'Angleterre, la rivure et l'assemblage ont été faits à Calcutta. Le bois de teck, dont le poids est de 1.600 tonnes, vient de Burmah.

Le pont, commencé en janvier 1873, fut terminé en octobre 1874. Il donne passage journellement, non compris les piétons et les voitures légères, à 6.000 tonnes de marchandises.

Construction rapide d'un pont provisoire à New-Brunswick. — Nous donnons ci-après d'après la « *Railroad Gazette* » du 22 mars, un extrait d'un rapport de M. W. H. Brown, ingénieur en chef de la voie du chemin de fer de la Pennsylvanie.

Le samedi 9 mars, le pont qui traverse la rivière Raritan à New-Brunswick brûlait, et à sept heures du matin il était entièrement en cendres. Pendant l'incendie même des télégrammes furent envoyés pour faire venir les charpentiers de diverses sections de la ligne. On décida de construire un pont provisoire sur chevalets :

ce pont devait avoir 280 mètres de longueur et sa hauteur devait varier de 10 à 17 mètres au-dessus du fond de la rivière.

Des difficultés particulières se présentèrent : d'abord l'encombrement des abords, conséquence de l'incendie; puis l'élévation des eaux qui, par suite des marées de vives eaux, atteignirent une hauteur exceptionnelle; puis enfin, une grande pluie et un orage furieux qui dura toute une nuit.

Malgré ces conditions défavorables, le pont provisoire fut établi dans l'espace de soixante-sept heures seulement de travail effectif.

Attelage des wagons. — Divers ingénieurs se préoccupent en Angleterre des moyens d'atteler les wagons, soit les uns aux autres, soit avec la locomotive sans qu'il soit nécessaire qu'un homme se place entre les wagons, ce qui est une cause d'accidents et quelquefois un retard dans les manœuvres. Trois systèmes proposés par MM. J. Douglas, Harrison et Walker, viennent d'être essayés (22 février 1878) à la gare des marchandises de King's Cross à Londres.

Il serait assez difficile de décrire ces organes sans figures : nous nous bornerons donc à dire, d'après l'*Engineering* du 8 mars 1878, que malgré quelques défauts dans les trois modèles, le fonctionnement était bon ; que les systèmes Douglas et Harrison sont supérieurs au système Walker, le système Harrison paraissant le meilleur. Dans ce système le temps nécessaire à l'une des opérations, attelage ou dételage, ne dépasse pas deux secondes.

Consommation des rails en fer et en acier. — Il résulte des chiffres donnés par le *Bulletin du comité des forges de France*, que les rails en acier se substituent peu à peu aux rails en fer. Voici les quantités qui ont été reçues par les diverses compagnies de chemin de fer en 1877 :

	Rails en fer.		Rails en acier.
Nord	»	tonnes	19.341
Est	3.069	—	77.169
Ouest	»	—	33.467
P.-L.-M.	6.539	—	28.790
Paris-Orléans	30.000	—	18.000
Midi	4.025	—	6.438
Grande-Ceinture	»	—	306
Nantais	1.684	—	»
Épinal	»	—	12
Charentes	»	—	1.821
Sud-Est	»	—	1.713
Nord-Est	3.425	—	»
Vosges	150	—	»
Total	48.888	tonnes	236.969

La consommation des rails a un peu diminué en 1877; la consommation des rails en fer a diminué de 15 p. 100, et cette diminution n'est pas compensée par l'augmentation de 4 p. 100 qui s'est produite sur les rails d'acier.

La production a d'ailleurs dépassé les besoins de la consommation en France : elle s'est élevée à 73.102 tonnes de rails en fer et 184.663 tonnes de rails en acier.

Chemins de fer de Russie. Statistique. — Les chiffres suivants sont fournis par le *Journal du ministère des voies de communication* de Russie; nous les résumons d'après les *Annales industrielles*.

L'étendue du réseau et les recettes pendant les années 1874, 1875, 1876 sont données par le tableau ci-dessous :

	1874	1875	1876
Réseau en exploitation.	16.752 kilom.	18.524 kilom.	18.913 kilom.
Recettes totales.	555.191.560 fr.	558.191.560 fr.	573.135.560 fr.
— par kilomètre. .	33.143	30.127	30.296
Recettes nettes par kilomètre. . .	12.374	10,430	9.644

Parmi les lignes à actions garanties par le trésor, il y a 7 lignes représentant une longueur de 3.250 kilom., dont le rendement n'a pas suffi à couvrir les frais d'exploitation; elles représentent 17 p. 100 du réseau total.

Les recettes de 20 lignes d'une étendue cumulée de 8.920 kilom., représentant 47 p. 100 du réseau total, ont pu couvrir les frais d'exploitation, mais n'ont pu suffire à payer l'intérêt des capitaux engagés.

Enfin 8 lignes de 4.980 kilom., soit 27 p. 100 du réseau total, ont réalisé des recettes supérieures à la garantie du trésor.

Parmi les lignes non garanties :

1 de 90 kilom., soit 0,5 p. 100, est en déficit;

5 constituant une longueur de 817 kilom., soit 4,5 p. 100, ont donné des dividendes;

Le chemin de fer exploité par l'État a fourni un rendement net d'environ 4 p. 100 du capital employé à la construction; son étendue ne représente pas 0,5 p. 100 du réseau total.

Pendant l'année 1877, le nombre de personnes victimes d'un accident s'est élevé à 1.442, parmi lesquelles 484 tués et 958 blessés. La répartition se fait ainsi qu'il suit : employés, 607; ouvriers occupés sur les lignes, 340; voyageurs, 182; autres personnes, 313. Ces nombres correspondent à 75 personnes atteintes par 1.000 kilom. environ.

Pendant la même année, il y a eu 32 déraillements et 30 collisions.

Nettoyage des rues dans les villes. — Nous extrayons du journal américain *Engineering News* les renseignements numériques suivants qui ont été consignés dans un rapport fait par le Comité de l'Association de la Réforme municipale de New-York.

A Londres, les voies pavées atteignent une longueur de 2.270 kilomètres; les principales rues sont balayées une fois chaque jour; les rues de moindre importance le sont trois fois par semaine; les autres deux fois.

A Liverpool (410 kilomètres) et à Manchester (800 kilomètres) la même règle est appliquée.

A Boston, où l'on trouve 115 kilomètres de voies pavées et 320 kilomètres de macadam, les principales rues sont balayées chaque matin avant 8 heures, les autres deux fois par semaine, le macadam une fois par semaine, tous les ruisseaux sont nettoyés une fois par semaine.

A Philadelphie, les rues pavées ont un développement de [illegible] kilomètres, les voies principales sont nettoyées six fois par semaine, les rues secondaires trois fois : la ville entière est nettoyée une fois par semaine.

A New York, il y a 400 kilomètres de rues pavées : les autorités demandent que les principales rues soient balayées trois fois par semaine et les autres, une fois.

Chacune des trente neuf paroisses de Londres a, pour cette question, son budget spécial; si l'on prend comme exemple celle de Saint-Georges, Hanover Square, une des plus centrales et des plus importantes, on trouve qu'elle possède 70 kilomètres de rues pavées: la dépense moyenne annuelle, de 1870 à 1875 pour le balayage et le transport des résidus (qui exige un trajet de 5 à 8 kilomètres), est de 227.500 francs : si l'on étend cette moyenne à la ville entière, ce qui est sans doute exagéré, car beaucoup d'autres paroisses sont plus petites, on trouve que la dépense totale serait de 8.722.500 francs soit 3.900 francs par kilomètre.

A Liverpool, la dépense correspondante, comprenant en outre la vidange et le nettoyage des lieux d'aisances au nombre de 31.720, a été pour l'année 1876 de 1.646.600 fr., soit également 3.900 fr. par kilomètre.

La dépense pour 1876 a été à Manchester de 710.300 francs, soit 900 francs par kilomètre.

A Boston, en 1876 la dépense a été de 1.315.000 francs, soit

3.130 francs par kilomètre; à Philadelphie, d'après le compte des dix premiers mois de 1877, la dépense annuelle serait de 1.650.000 francs, soit de 1.770 francs par kilomètre.

A New-York, pour les 400 kilomètres de rues pavées, la dépense pour l'année 1877, non compris les frais d'enlèvement des animaux morts, ni de vidange de fosses, s'est élevée à 3.625.000 francs, soit 9.300 francs par kilomètre; le budget pour l'année 1878 demande pour le même objet 5.356.700 francs, soit 13.800 francs par kilomètre.

C. M. G.

N° 24

MÉMOIRE

SUR

L'ÉCLAIRAGE DES VILLES

Par M. DARCEL, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'importance que prennent les travaux de voirie et de viabilité dans les grandes villes de France, a engagé beaucoup de municipalités à confier la direction de ces services à des ingénieurs des ponts et chaussées. D'autres localités qui ne sont pas assez considérables pour avoir un ingénieur attitré consultent souvent ceux de l'État. Il importe donc que, pour répondre à la confiance qu'on a en eux, les ingénieurs des ponts et chaussées étendent le cercle de leurs études en dehors des questions spéciales de voies de communication et de ports.

C'est pour obéir à cette nécessité que nous nous proposons d'aborder l'une des questions qui se présentent le plus fréquemment : celle de l'éclairage. Mais comme ce sujet est considérable, nous nous bornerons pour le moment aux généralités, espérant que cet essai provoquera d'utiles publications de détail.

CHAPITRE Ier.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Si nous considérons les matières d'une qualité moyenne, le plus fréquemment employées pour l'éclairage, consommées sous des volumes et avec des appareils permettant une bonne utilisation, nous trouvons que la même quantité de lumière produite par heure représente les dépenses suivantes :

		POIDS BRULÉ par heure.	PRIX MOYEN de l'unité.	PRIX par heure de la lumière produite.	INTENSITÉ de la lumière produite	PRIX PAR HEURE pour une intensité égale à celle d'un bec Bengel brûlant 100 litres de gaz à l'heure.
		gr.	fr.	fr.		
Bougie stéarique (Étoile 1re qualité)		10,0	0,003	0,03	0,125	0,24
Huile de colza.	Bec brûlant en noir.	16.5	0,0012	0,02	0,22	0,09
	Bec d'Argand demi-noir.	31,0	Id.	0,037	0,66	0,056
	Bec d'Argand en blanc.	40,0	Id.	0,048	1,0	0,048
Huile de pétrole épurée.	Bec moyen.	32,0	0,0009	0,029	0,82	0,035
		litres.				
Gaz de houille.	Bec d'Argand à 20 trous dit Bengel.	100	»	»	1,0	»
	Bec à fente de 0,6 de millimèt.	140	»	»	1,1	»

OBSERVATIONS. — Un bec brûle en noir lorsque le niveau de l'huile arrive à peine à celui du bec (comme dans les quinquets), alors la mèche est noire dès le bec.

Le bec brûle en blanc lorsque l'huile afflue avec assez de force pour dépasser le niveau du bec (lampe modérateur et Carcel); alors la mèche reste blanche sur quelques millimètres entre le bec et la naissance de la flamme. Le bec d'Argand est le bec à mèche ronde et par conséquent avec double courant d'air, l'un intérieur, l'autre extérieur, courants activés par une cheminée en verre.

Sauf pour le gaz qui présente des écarts excessifs de 0f,15 à 0f,50 par mètre cube, les prix moyens que nous

indiquons varient peu en France d'une localité à une autre, en dehors des droits d'octroi. Mais il ne faudrait pas conclure que tous ces prix sont applicables à l'étranger; ainsi à Anvers le kilogramme d'huile de pétrole épurée vaut, en gros, 0f,30 lorsque les droits l'élèvent au détail en France à 0f,85 ou 0f,90.

On voit qu'en ne tenant compte que de la matière brûlée, sans s'occuper des frais nécessités par les soins et l'entretien à donner à la lampe, le gaz sera aussi avantageux que le pétrole, s'il est vendu 0f,35 le mètre cube, et que l'huile de colza s'il est vendu 0f,48. Cependant nous verrons que ces proportions peuvent être modifiées suivant la grosseur des becs. D'un autre côté on ne doit pas envisager le prix de revient du chef du combustible seul, on doit tenir compte du prix des appareils, de la main-d'œuvre, de l'entretien ainsi que des avantages et inconvénients de chaque système d'éclairage.

1° *Bougie et huile de colza.* — Les bougies et les lampes à huile ont l'avantage de pouvoir être changées de place suivant les besoins de chaque instant, et de procurer une lumière douce, ne développant pas autant de chaleur que le gaz (*). Les bougies et l'huile de colza conviennent essentiellement à l'éclairage intérieur des habitations, sur-

(*) Clegg prétend qu'à égalité de lumière l'huile produit autant de chaleur que le gaz et que la croyance contraire vient de ce que généralement on s'éclaire davantage quand on emploie le gaz. Il se trompe ainsi qu'on peut s'en rendre compte en calculant, d'après le tableau des puissances calorifiques de Dulong, la chaleur développée par 100 litres d'un gaz de composition connue et la comparant à celle que dégagent 40 grammes d'huile. Ainsi, pour le gaz provenant du charbon de Newcastle dont la composition moyenne est donnée plus loin, et en ayant égard à ce que 3vol,87 de gaz lourds représentent 7vol,6 de gaz oléfiant, on trouve que la chaleur produite par le gaz est à celle que développe une Carcel dans le rapport de 3 à 2 ou de 612 unités de chaleur à 392.

tout des pièces de luxe comme les chambres, les salons, les salles à manger ou l'on change souvent la place des foyers lumineux, et où l'on redoute l'odeur des huiles de pétrole et de schiste qu'on relègue généralement dans les parties très-aérées comme les couloirs, les escaliers de service, les cours, etc. Les bougies n'ont pas besoin d'être mouchées, mais il n'en est pas de même des lampes à huile de colza. Les lampes Carcel et modérateur peuvent, à la condition d'être remontées et d'avoir des mèches non éventées, marcher pendant 5 à 6 heures sans perdre sensiblement de leur pouvoir éclairant, mais les lampes brûlant en noir ou en demi-noir donnent de moins bons résultats.

Voici de 2 en 2 heures la consommation et le pouvoir éclairant de becs plats et de becs d'Argand, système Bordier.

1° Becs plats Levent : mèches de 20 millimètres de largeur; hauteur de mèche, 5 millimètres.

HEURES.	HUILE brûlée par heure.	POUVOIR éclairant.	OBSERVATIONS.
	grammes.		
A l'allumage.	16.0	0,20	
Après 2 heures. . .	16,5	0,22	
— 4 — . . .	15,0	0,19	
— 6 — . . .	13,5	0,15	
— 8 — . . .	11,0	0,13	
— 10 — . . .	»	»	Charbonne, la lumière diminue rapidement.

2° Bec Bordier : mèche ronde ayant 27 millimètres de largeur lorsqu'elle est aplatie; hauteur de mèche, 3 millimètres.

HEURES.	CONSOMMATION par heure.	POUVOIR éclairant.	OBSERVATIONS.
	grammes.		
A l'allumage.	31	0,66	
Après 2 heures. . .	30	0,65	
— 4 — . . .	26	0,50	
— 6 — . . .	24	0,35	
— 8 — . . .	18	0,25	
— 10 — . . .	»	»	Charbonne.
	»		

D'où il résulte que, pour l'éclairage public, les lampes à l'huile de colza ont de grands inconvénients, surtout lors des longues nuits d'hiver pendant lesquelles il conviendrait de moucher plusieurs fois les mèches, ce qui est difficile à obtenir et coûte cher.

Un éclairage public à l'huile végétale conduit d'ailleurs, en dehors de l'huile consommée, à des dépenses importantes. Outre l'appareil qui coûte, non compris la lanterne, 22 francs pour les becs plats avec double réflecteur, 20 francs pour les becs Bordier sans réflecteurs et 40 francs avec double réflecteur, on doit compter le service d'entretien. On n'est plus dans une maison où les quelques lampes sont préparées par les domestiques, et où cette dépense entre dans les frais généraux du ménage ; il faut un personnel organisé pour entretenir, préparer les lampes, les allumer, les éteindre. A Paris, les prix payés sont les suivants, passibles d'un rabais de 16,90 p. 100 :

1° Par jour, entretien et allumage des appareils sur la voie publique. 0f,20
Dans les établissements municipaux. . . . . 0 ,06
2° Pour fourniture de mèches et huile (octroi et douane compris).
Bec plat Levent pour chacune des 5 premières heures. 0f,022
— par heure suivante. . . . . 0 ,018
Bec Bordier, par heure pendant les 5 premières. . . . 0 ,042
— par heure suivante. . . . . 0 ,030

On suppose que la consommation moyenne par heure est respectivement de 15, 12, 28 et 20 grammes avec un pouvoir éclairant de 0,18, 0,14, 0,55, 0,4 de lampe Carcel. Pour obtenir ce pouvoir éclairant, on admet que les lampes doivent être mouchées au moins une fois dans les longues nuits.

On voit qu'en supposant une moyenne de 10 heures d'éclairage chaque bec de la voie publique revient par jour : les plats à 0f,25 donnant 0,16 de Carcel : les ronds à

0f,47 donnant 0,47 de Carcel. Dans les villes où l'éclairage au gaz est payé le plus cher par la municipalité, l'entretien vaut environ 0f,04 par jour, et le gaz 0f,20 le mètre cube, ce qui donne, pour un bec usant 140 litres à l'heure et produisant une lumière de 1Carcel,10, une dépense de 0f,32.

A Paris, l'éclairage à l'huile n'est employé qu'en becs isolés dans les quartiers excentriques ou la canalisation du gaz n'existe pas. Il est possible que, dans une petite ville où les becs seraient plus réunis, l'éclairage puisse être traité à des conditions moins élevées.

La modicité du prix d'entretien des becs à huile dans les établissements publics, vient de ce qu'en général le personnel de ces établissements préfère allumer et éteindre lui-même les lampes à l'heure qui lui plaît et les soigner. L'entrepreneur n'a plus alors qu'à renouveler de temps en temps la provision d'huile et de mèches.

2° *Huile de pétrole.*— Les huiles de pétrole et de schiste donnent une flamme beaucoup plus constante que l'huile de colza, la mèche ne brûlant pas et ne servant qu'à aspirer le liquide par la capillarité sans arriver jusqu'à la flamme. Il faut cependant, pour obtenir ce résultat, que le récipient du liquide soit large et peu haut, afin d'éviter de trop grandes différences de niveau. Ces huiles, quoiqu'elles donnent quelquefois une flamme fuligineuse, conviennent donc mieux que celle de colza à l'éclairage extérieur et public. L'odeur comme nous l'avons dit, surtout pour l'huile de schiste, et les dangers d'explosion les font rejeter généralement des principales pièces des habitations.

Voici le prix passible d'un rabais de 16,90 p. 100 payé à Paris pour l'éclairage public au pétrole rectifié (*) :

(*) Il doit être parfaitement limpide, et versé dans une soucoupe ne pouvoir, à la température ordinaire, être enflammé par une allumette.

1° Par jour pour l'entretien et l'allumage 0f,20;

2° Fourniture de mèche et l'huile par chaque heure d'éclairage 0,035.

La mèche est ronde et a 0,012 de diamètre intérieur; le tirage est activé par une cheminée en verre présentant un étranglement au-dessus de la flamme, l'appareil doit brûler 30 grammes d'huile à l'heure et donner un pouvoir éclairant égal à 0,8 de lampe Carcel consommant 42 grammes d'huile de colza à l'heure.

Un bec public brûlant pendant 10 heures coûte donc par jour 0f,46 ; ainsi à égalité de prix avec les becs ronds à l'huile végétale, il donne une lumière presque double, mais est plus cher et éclaire moins que ceux au gaz. Dans une maison particulière, où il n'y a qu'un petit nombre de becs et où l'on ne compte pas ainsi les frais occasionnés par les soins donnés aux appareils, la comparaison du prix de l'éclairage au pétrole et au gaz peut conduire à des résultats différents. Nous avons vu que 37 grammes de pétrole produisent une lumière équivalente à 100 litres de gaz brûlés dans un bec Bengel ; il en résulte que si le pétrole est évalué à 0f,90 le kilogramme, il faudra que le gaz soit vendu aux particuliers moins de 0f,33 le mètre cube pour être plus économique, et cela d'autant plus que les frais de premier établissement sont plus élevés pour le gaz, qui entraîne à une canalisation intérieure, que pour le pétrole brûlé dans des lampes valant 4 à 5 francs.

Pour le pétrole comme pour l'huile de colza et le gaz, l'utilisation dépend beaucoup de la forme et de la grosseur du bec. Ainsi certaines lampes qui consomment 42 gram. de pétrole à l'heure, donnent une lumière équivalente à 1Carcel,70, c'est-à-dire autant que deux lampes brûlant chacune 32 grammes de pétrole.

3° *Gaz.* — Le gaz offre l'avantage d'être toujours prêt à fonctionner : il suffit de tourner un robinet et d'approcher

une allumette pour obtenir la lumière. Il donne une flamme blanche d'une grande régularité et d'un fort pouvoir éclairant ; mais les brûleurs doivent être établis à poste fixe; l'intensité de la lumière, la grande chaleur qu'elle developpe, une certaine odeur, la prompte détérioration des peintures et des dorures, et enfin le mauvais effet produit par les tuyaux qui, suivant les règlements de police, doivent être apparents, font, qu'en France du moins, on n'éclaire pas au gaz les chambres, salons et salles à manger. A l'air libre au contraire, ou dans des pièces bien aérées et où les brûleurs peuvent sans inconvénient être placés à poste fixe, comme dans les vestibules, escaliers, couloirs, cuisines, offices, etc., aucun éclairage n'est plus commode ni généralement plus économique, malgré le prix relativement assez élevé de son installation. Celle-ci exige, en effet, une prise sur la conduite publique, un branchement jusqu'au candélabre ou jusqu'à la maison et, dans ce dernier cas, un compteur et une distribution intérieure dont les prix varient beaucoup suivant le luxe des appareils supportant les brûleurs et la dispersion des becs dans l'appartement. Généralement on doit compter que la dépense d'une installation modeste n'est pas inférieure à 75 francs pour le premier bec, et 15 francs pour les suivants (lampe non comprise).

Les inconvénients et les avantages des divers genres d'éclairage sont trop connus de tout le monde pour qu'il soit nécessaire de s'étendre plus longuement sur ce sujet. Comme nous l'avons dit, le prix de la bougie ainsi que des huiles minérales et végétales, n'éprouve que de légères variations d'une localité à une autre, mais il n'en est pas de même pour le gaz; aussi une comparaison rigoureuse et utile ne peut être faite qu'après avoir étudié la fabrication du gaz et les éléments de son prix de revient.

CHAPITRE II.

FABRICATION DU GAZ.

Nous laisserons de côté la partie historique de l'industrie du gaz, les tâtonnements de ses débuts, les perfectionnements successifs apportés dans la fabrication, pour n'indiquer que les procédés actuellement employés dans les usines bien montées et employant la houille.

Tous les corps végétaux ou animaux ainsi que les combustibles fossiles produisent aussi du gaz lorsqu'ils sont distillés ; mais les difficultés d'épuration que présentent les gaz provenant de quelques-unes de ces matières comme le bois et la tourbe, et la rareté de certaines autres, rend leur usage très-restreint. Cependant parmi elles le cannel coal et le boghead sont extrêmement riches en gaz d'un grand pouvoir éclairant. Comparés à la houille, et à poids égal, le premier a un rendement supérieur d'environ un tiers, et le gaz qui en provient a un pouvoir éclairant presque double, le second dégage un gaz quatre fois plus éclairant et deux fois et demie plus considérable en volume.

(*) Les personnes qui ne voudront pas consulter les grands traités de Clegg (traduits de l'anglais par M. Servier), de Schilling (traduit de l'allemand par M. Servier), de d'Hurcourt, ancien élève de l'École polytechnique, peuvent lire les articles relatifs au gaz : 1° dans la *Chimie industrielle*, de M. Knapp (traduite et augmentée par MM. Mérijot et Debize ; 2° dans le *Dictionnaires des arts et manufactures*, de M. Laboulaye (par M. Mallet) ; 3° dans le *Dictionnaire de chimie*, de M. Wurtz (par M. Leblanc). Le premier est un exposé très-remarquable surtout au point de vue théorique et chimique. Le second se recommande surtout par le côté pratique et le troisième par la partie relative au pouvoir éclairant et à la lumière oxyhydrique. On trouvera dans ces articles des détails sur les essais des charbons, les fours Siemens et Pauwels, les extracteurs, les gazomètres, les compteurs, détails dans lesquels nous n'avons pu entrer.

4° *Choix des houilles.* — La distillation de la houille dégage en outre des carbures d'hydrogène qui donnent à la flamme son pouvoir éclairant, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène, de l'acide sulfhydrique et d'autres produits sulfurés, de l'ammoniaque, des cyanures, de l'acide carbonique, de la vapeur d'eau, du goudron et du coke.

Le coke reste à l'état solide dans les cornues. Le goudron se condense facilement, ainsi que nous le verrons par la suite; il en est de même de la vapeur d'eau qui retient une partie des produits ammoniacaux et forme ce qu'on appelle les eaux ammoniacales. Les autres corps restent à l'état de gaz ou de vapeur.

Les hydrogènes carbonés n'ont pas tous le même pouvoir éclairant; d'après M. Berthelot, lorsque l'hydrogène l'emporte, comme dans le gaz des marais C^2H^4, la flamme est peu éclairante ; lorsque au contraire le carbone domine comme dans l'acétylène C^4H^2 ou la benzine $C^{12}H^6$, la flamme est fuligineuse. Les gaz qui donnent la lumière la plus belle sont de la composition $C^{2n}H^{2n}$; ainsi le gaz oléfiant C^4H^4 produit une flamme très-éclairante. La condensation des éléments dans un seul atome joue aussi un rôle important : par exemple, si l'on prend du gaz oléfiant C^4H^4, du propylène C^6H^6, de l'amylène $C^{10}H^{10}$, le premier brûle, comme nous l'avons dit, sans dépôt de carbone, tandis que les autres donnent des flammes fumeuses moins éclairantes. Une certaine proportion atomique d'eau diminue le pouvoir éclairant. La flamme de l'alcool méthylique $C^2H^2 + H^2O^2$ est presque incolore, celle de l'alcool ordinaire $C^4H^4 + H^2O^2$ est peu lumineuse comme on le sait, celle de l'éther $C^8H^8 + H^2O^2$ où la proportion d'eau est moins forte est très-vive, enfin celle de l'alcool amylique $C^{10}H^{10} + H^2O^2$ est brillante et déjà fuligineuse. Le degré plus ou moins grand de compression de l'air joue également un rôle important dans la combustion et l'éclairage. Le mélange, dans des proportions convenables, d'un gaz produisant une flamme

fuligineuse avec une autre dont la flamme est pâle donne généralement un bon résultat (*). Ainsi les gaz carburés provenant de la houille et qui se dégagent les premiers (benzine, acétylène, gaz oléfiant) sont très-chargés de carbone et donnent des lumières très-éclairantes, ou fuligineuses; les derniers, moins riches en carbone, sont formés de gaz des marais, d'oxyde de carbone, d'hydrogène, et dégagent dans la combustion surtout de la chaleur. Mais mélangés ensemble dans les gazomètres ils donnent un résultat satisfaisant. D'après le docteur Frankland le gaz provenant de la distillation de charbons de Newcastle et qui représente une bonne moyenne est formé en volume après épuration :

	volumes.
Hydrogènes carbonés riches.	3,87
Gaz des marais.	32,87
Oxyde de carbone.	12,89
Hydrogène.	50,05
Acide carbonique.	0,32
Total.	100,00

Si le pouvoir éclairant du gaz dégagé par certaines houilles était trop faible, il suffirait d'ajouter, dans la distillation, un peu de cannel coal ou de boghead pour le ramener à une proportion convenable.

(*) On croit généralement que la lumière produite par une flamme est le résultat de l'incandescence des parties solides qui existent dans cette flamme. Il faut donc, pour développer de la lumière, que la combustion des gaz qui engendrent la flamme donne lieu à une température assez élevée pour porter au blanc tirant sur le jaune toutes les parties solides (généralement du carbone) contenues dans ces gaz. Si ceux-ci ne contiennent pas assez de carbone, la flamme n'est pas assez éclairante pour la température développée, il y a perte de chaleur; si, au contraire, ils en contiennent trop pour que cette masse puisse être élevée à la température convenable, la flamme est fuligineuse et il y a perte de charbon. De même, le mélange dans le gaz d'éclairage de matières pouvant fournir de l'oxygène, qui brûle le carbone avant son incandescence, diminue le pouvoir éclairant.

Parmi les gaz mélangés aux hydrogènes carbonés, l'acide sulfhydrique et les autres composés sulfurés volatils (sulfure de carbone, acide sulfocyanhydrique) donnent dans la combustion de l'acide sulfureux qui est dangereux pour la santé, et produit des effets corrosifs sur les tissus et les couleurs; ils communiquent également une mauvaise odeur au gaz, et la moindre fuite noircit les peintures et les dorures. L'acide carbonique diminue le pouvoir éclairant du gaz; il en est de même de l'air; le motif en a été indiqué (note 4), un volume d'air renferme 1/5 d'oxygène, et un volume d'acide carbonique, en présence du charbon dans la flamme, abandonne un 1/2 volume d'oxygène en passant à l'état d'oxyde de carbone. Aussi 1 p. 100 d'acide carbonique affaiblit de 5 p. 100 le pouvoir éclairant, de même 5 à 6 p. 100 d'air peuvent abaisser de 15 à 20 p. 100 ce même pouvoir éclairant.

Les produits ammoniacaux donnent également une mauvaise odeur au gaz, attaquent les cheminées des brûleurs sur lesquelles ils forment des taches de silicate d'ammoniaque et peuvent avoir des inconvénients par la production d'acide azoteux pendant la combustion. Il importe donc, dans le choix des houilles, de s'attacher à celles qui produisent le plus de composés $C^{2n}H^{2n}$, contiennent peu de sulfures, et ne dégagent pas d'ammoniaque ou d'acide carbonique en proportion importante. Il est également indispensable que la houille produise de bon coke et en grande quantité, car, comme nous le verrons, ce produit entre pour une bonne partie dans les bénéfices des usines à gaz.

Il importe aussi que la houille ne soit pas mouillée et qu'elle soit de fraîche extraction; ainsi 10 p. 100 d'eau dans la houille diminue de 30 p. 100 la production du gaz et affaiblit sensiblement son pouvoir éclairant; les charbons récemment extraits donnent plus de gaz et de meilleure qualité que ceux qui sont restés quelque temps à l'air.

On admet qu'une bonne houille à longue flamme, distillée à une température convenable, produit par 100 kil. :

Coke.	68 à 75 kilog.
Goudron.	5 à 6
Eaux ammoniacales. . . .	6 à 8 litres.
Gaz.	28 à 32 mètres cubes.

Ce gaz non épuré contient de 1,20 à 3,90 p. 100 de gaz non combustible. Ce volume est composé surtout d'acides carbonique et sulfhydrique.

L'industrie du gaz consiste à extraire le plus économiquement possible le gaz contenu dans la houille, à le débarrasser des matières étrangères nuisibles soit à son pouvoir éclairant, soit aux personnes et aux ameublements et à le livrer à la consommation. Ces diverses opérations consistent :

Dans la distillation,
Dans la condensation ou épuration physique,
Dans l'épuration chimique,
Dans l'emmagasinement du gaz,
Dans sa distribution en ville.

Nous allons esquisser ces opérations, en nous arrêtant sur la distillation et l'épuration, parce que c'est d'elles que dépendent en grande partie le pouvoir éclairant et la pureté du gaz que les municipalités sont appelées à contrôler. La distillation a de plus une influence considérable sur le prix de revient.

5° *Distillation.* — Pour pouvoir recueillir le gaz, il faut que la distillation ait lieu en vase clos, et que le gaz au fur et à mesure de sa production puisse s'échapper par un tuyau qui le conduit aux divers appareils d'épuration et d'emmagasinement. Ce tuyau, tout en permettant au gaz de sortir de la cornue, ne doit pas le laisser refluer des appareils voisins et se perdre lorsque la cornue n'est

pas en service ou lorsqu'elle est ouverte soit pour défourner le coke soit pour mettre la charge de charbon. Le procédé le plus simple, qui consiste à faire passer le gaz par un appareil de Woolf, est exclusivement employé. Cet appareil porte dans les usines le nom de *Barillet*.

Les cornues sont de formes cylindrique et placées horizontalement ; elles étaient autrefois en fonte, mais comme ce métal ne résiste pas aux hautes températures qu'on développe actuellement dans la distillation, on les fait en terre réfractaire (*fig.* 1 et 2, Pl. 12). Après de nombreux essais sur la forme des fours et des cornues, on s'écarte peu aujourd'hui du type à 7 cornues (*) admis par la Compagnie parisienne qui a tant contribué aux perfectionnements de l'industrie du gaz. Les fours sont formés d'une chambre terminée dans le fond et sur la face par un mur plein et latéralement par des pieds-droits surmontés d'un berceau généralement en demi-cercle ; la base est occupée sur le devant, au centre, par un cendrier X et un foyer D prolongé par une sole plane se relevant légèrement vers le fond. Les sept cornues en terre réfractaire ainsi que tout l'intérieur du four, sont disposées comme l'indiquent les plans et coupes (*fig.* 3, 4 et 5). Elles sont encastrées à leurs extrémités dans les murs verticaux de face et de fond du four, et soutenues en outre : les deux de la base, longitudinalement par trois petits murs formant deux carneaux sous leur sole ; celle du centre, par une voûte B qui la protége contre le coup de feu trop direct du foyer et laisse échapper la flamme par une série d'ouvertures latérales ; les autres, sur les précédentes, au moyen de pièces spéciales en terre réfractaire épousant la forme des cornues et placées par rangs parallèles aux têtes de manière à permettre entre eux le passage de la flamme. Après avoir traversé les orifices ménagés dans

(*) En Allemagne, on préfère les fours à 6 cornues, on supprime alors celle qui est au-dessus du foyer.

voûte, les produits de la combustion enveloppent la cornue au centre et, guidés par de petites maçonneries placées longitudinalement entre les autres, s'élèvent verticalement jusqu'à la partie supérieure du four, d'où ils redescendent entre les parements latéraux et les cornues jusqu'au double carneau inférieur et à un registre en terre réfractaire placé près du parement sur la sole du four et destiné à régler le tirage. De ce registre les produits de la combustion gazeuse gagnent, par une cheminée rampante, la cheminée verticale. Les registres sont placés vers la face antérieure des fours, surtout lorsque ceux-ci sont adossés, parce qu'alors ils se trouvent à portée de la main et risquent moins d'être fondus que s'ils étaient dans le fond du four où la température est plus élevée. Les cornues se prolongent (*fig.* 1 et 2) en dehors du mur de face du four par une tête en fonte réunie à la partie en terre réfractaire par plusieurs tirants en fer engagés dans des rainures ménagées dans la cornue et bouchées ensuite avec de la terre. Cette tête porte une tubulure servant à adapter le tuyau d'évacuation du gaz et deux armatures en fer sur lesquelles est soutenue, au moyen de deux oreilles, une plaque en tôle formant obturateur. Cette plaque est maintenue par une vis de pression passant dans une tringle de fer s'engageant dans les deux yeux des armatures. Elle permet d'ouvrir et de fermer facilement et rapidement la cornue, elle est garnie sur ses bords d'un mélange de terre réfractaire et de chaux de manière à former un joint hermétique. La coupe en travers des cornues varie, suivant les usines, entre la forme elliptique et celle d'un ⌓ ayant une sole plate. La forme intermédiaire avec sole un peu courbe est plus fréquemment employée.

La pratique semble démontrer qu'on réalise une économie de combustible, de main-d'œuvre et de construction en distillant à haute température et en employant des cornues aussi grandes que possible. Mais les conditions pratiques du chargement et du déchargement n'ont pas permis

jusqu'à présent de dépasser certaines dimensions ; il faut, en effet, que l'ouvrier puisse jeter à la pelle le charbon jusqu'au fond de la cornue, et ensuite, avec les crochets, défourner le coke après la distillation. Les cornues ne doivent donc pas être par trop profondes, et celles du haut ne peuvent pas être placées à une trop grande élévation. Cependant il est probable que si l'on arrive à employer des moyens mécaniques pour le chargement et le déchargement des cornues, les grandeurs adoptées actuellement seront augmentées.

Une des grandes dimensions de fours correspond à 7 cornues de $2^m,90$ de longueur, $0^m,63$ de largeur et $0^m,35$ de hauteur mesurés intérieurement, ce qui donne sensiblement 3 mètres pour les trois dimensions extérieures du four. En réalité la largeur d'axe en axe des refends est de $3^m,06$ la profondeur $3^m,10$, la hauteur de $2^m,70$. Le foyer est formé à sa base de 5 barreaux démaigris en fonte ayant $0^m,70$ de longueur, $0^m,9$ d'épaisseur en tête, $0^m,07$ en corps, de manière à laisser un vide de $0^m,02$ entre les corps des barreaux voisins; il est muni d'une porte. Le cendrier a aussi une porte et contient une bâche pleine d'eau afin d'empêcher, par l'évaporation, la fusion des barreaux. En outre la vapeur d'eau en traversant le coke incandescent du foyer se transforme en oxyde de carbone et hydrogène qui, en brûlant un peu plus loin, produit une flamme longue préférable pour le chauffage des cornues à celle qui provient seulement du coke. Le mur de face du four a $0^m,22$ ou $0^m,33$ d'épaisseur et est garni de quelques regards en poterie permettant de vérifier l'état intérieur. Le foyer est disposé pour chauffer soit au coke provenant de la distillation, soit avec un mélange de goudron et de menus de coke dont on fait une espèce de mortier (*) qu'on jette à la pelle

(*) On prétend que ce mélange forme moins de laitiers et ainsi encrasse moins les foyers et les barreaux.

dans le foyer, soit enfin à la houille. Le prix relatif de ces divers combustibles guide dans le choix à faire. Mais dans les localités où l'on se défait difficilement du goudron, on l'utilise pour le chauffage. On dispose alors sur les barreaux du foyer une sole en carreaux réfractaires. On remplace la porte par un carreau réfractaire ayant une ouverture de 10 à 12 centimètres de côté, et on laisse couler sur du coke incandescent, placé sur cette sole, un filet de goudron chauffé à une température convenable pour être parfaitement fluide. Ce goudron est pris directement sur le barillet ou sur une bâche établie au-dessus du four, et un tuyau en fer, muni à son point de départ d'une toile métallique destinée à arrêter les impuretés, l'amène dans une petite gouttière en fer fortement inclinée, qui pénètre dans le four au-dessus du carreau de la porte et le déverse sur le foyer. Un robinet sert à régler le débit. Souvent on ne se sert du robinet que comme moyen d'arrêt et on règle le débit avec des aiguilles en fil de fer plus ou moins gros qui pénètrent dans le trou du robinet. On voit le jet du goudron qui suit cette aiguille et est reçu dans un entonnoir; on juge ainsi si l'opération marche bien. La combustion du goudron donne lieu à un coup de feu violent qui détériore les fours; aussi n'exploite-t-on généralement ce genre de combustible que dans des fours qui sont déjà en service depuis quelque temps et sont destinés à être renouvelés.

Dans quelques usines cependant on construit avec des soins particuliers des fours spéciaux pour le chauffage au goudron; le nombre de ces fours doit évidemment être basé sur la quantité du goudron produit par an. Le poids du goudron nécessaire pour le chauffage est généralement moitié moindre que celui du coke employé au même usage. Ce sont les parties les plus légères qui semblent avoir le plus grand pouvoir calorifique. Ces fours sont généralement à 6 cornues, celle du milieu trop exposée aux coups de feu

étant supprimée, et emploient environ de 5 à 600 kilog. de goudron par 24 heures.

Afin de moins perdre de chaleur, les fours sont placés les uns contre les autres de manière à former des rangées, que l'on adosse 2 par 2, dans les grandes usines. Les cornues sont séparées dans le fond par un mur d'une simple brique d'épaisseur, ou bien se réunissent de manière à former une seule cornue à 2 têtes d'une longueur double. Dans les usines moins importantes, les fours sont disposés sur une seule ligne, alors le mur de fond est plus épais et une chambre à air, établie en arrière (*fig.* 5), empêche la déperdition de la chaleur. Il est prudent, dans tous les cas, de couvrir le dessus des fours de matières mauvaises conductrices de la chaleur, afin d'éviter la déperdition de celle-ci et de trop chauffer le goudron dans le barillet dont nous parlerons tout à l'heure. Enfin dans les très-petites usines on a, surtout pour la saison d'été où la consommation est bien moindre, des fours à 5 et même à 3 cornues. C'est une fâcheuse nécessité, car un semblable four exige autant de main-d'œuvre pour le chauffage et la distillation et à peu près autant de combustible qu'un four à 7 cornues.

Quelle que soit l'importance de l'usine, les extrémités des batteries (réunion de plusieurs fours) sont consolidées par un mur formant culée et des tirants en fer. Ce mur empêche à la fois la déperdition de la chaleur et la poussée au vide des voûtes des fours.

Afin que les ouvriers ne souffrent pas trop de la chaleur et manient facilement leurs instruments, il faut une largeur de 6 à 7 mètres entre les fours et le mur parallèle, ou 10 à 12 mètres entre deux rangées de fours se regardant.

On doit s'arranger de telle sorte qu'il n'y ait pas de croisement entre le charbon qui arrive et le coke qui part, afin d'éviter des embarras. Voici deux dispositions assez communément adoptées (*fig.* 9 et 10).

Dans le plan (*fig.* 9) les hangars à charbon sont situés vers l'extrémité de la halle, et les cours d'extinction de coke flanquent cette halle.

Dans le plan (*fig.* 10) les hangars à charbon sont à droite, les cours d'extinction du coke à gauche. Les fermes de la couverture sont parallèles au grand axe du bâtiment et s'appuient sur des colonnes en fonte placées au milieu de l'espace réservé entre les batteries parallèles. Suivant le décret du 9 février 1867 les murs et toitures doivent être exécutés en matériaux incombustibles. Pour l'aération, on ménage des lanternes dans le toit. Les dispositions changent d'ailleurs suivant le terrain dont on dispose, et souvent sont commandées par les agrandissements successifs apportés à une usine qu'on a eu le tort de construire au début sans prévoir son développement ultérieur.

Les colonnes montantes (ou pipes) qui donnent écoulement au gaz partent des cornues verticalement pour les cinq du haut, et au moyen d'un quart de cercle pour les deux du bas (*fig.* 3); elles s'élèvent jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du massif des fours et redescendent par deux angles, l'un aigu, l'autre obtus (*fig.* 7), jusque dans un cylindre (barillet) établi longitudinalement au-dessus du massif des fours où elles plongent dans du goudron e forment joint hydraulique. Ces tuyaux, en fonte, doivent être d'un diamètre et d'un développement assez grand pour qu'ils ne s'échauffent pas au point de décomposer le goudron qui s'échappe en vapeur de la cornue, car alors le brai qui se formerait dans la colonne obstruerait cette dernière et ne permettrait plus au gaz de s'échapper.

Les colonnes ont généralement un diamètre variant de $0^{m},13$ à $0^{m},16$. Dans les usines anglaises on semble adopter de petits diamètres et de grandes longueurs; en France on emploie généralement le diamètre de $0^{m},16$. Les coudes des têtes des cornues sont très-évasés afin de faciliter le passage de l'outil décrasseur. Cette question de diamètre et de

longueur dépend de la nature du charbon et du degré de chauffage. On doit éviter de donner de trop grandes dimensions aux colonnes, car à chaque charge elles s'emplissent plus ou moins d'air, et nous avons vu que le mélange de l'air diminue sensiblement le pouvoir éclairant.

Le barillet est généralement formé d'un cylindre horizontal parallèle à la face des fours, et reposant sur la maçonnerie de ceux-ci au moyen de supports en métal, de manière à éviter le contact. Il faut, en effet, faire en sorte que le goudron, qui se dépose dans le barillet, ne se transforme pas en brai, car le gaz se dégagerait alors difficilement du plongeur. Les barillets sont souvent à section circulaire et en fonte ; on en fait aussi en tôle. Ceux-ci sont plus légers et chargent moins le massif des fours. On peut adopter aussi la forme indiquée (*fig.* 8) qui permet de visiter le barillet et d'enlever du goudron sans arrêter la marche des fours.

Le gaz après s'être échappé en bulles, du plongeur, se réunit dans la partie supérieure du barillet d'où il s'écoule par un tuyau. Le goudron qui commence à se condenser dans les colonnes et le barillet y remplace l'eau qu'on avait mise au début de l'opération et se dégage par un tuyau, formant siphon, dès que son niveau dépasse une hauteur fixée au-dessus de l'extrémité inférieure des plongeurs. Quelquefois le même tuyau évacue à la fois le gaz et le goudron. Afin d'éviter une trop forte pression dans les cornues, on réduit le plongement à 2 ou 3 centimètres, mais il faut alors que le barillet présente une surface assez grande pour que le niveau du goudron ne puisse s'abaisser au-dessous de l'orifice du plongeur et laisser échapper le gaz. Le cas le plus défavorable est celui où toutes les cornues seraient ouvertes et où le goudron s'élèverait alors dans toutes les colonnes de la quantité nécessaire pour faire équilibre à la pression supportée par le gaz dans le barillet, pression dépendant du poids des cloches des gazomètres et des

frottements développés dans les divers appareils d'épuration. Cette pression ne dépasse pas généralement 12 centimètres d'eau dans les usines sans extracteur et est nulle dans celles qui en sont pourvues.

Souvent on fractionne le barillet en plusieurs tronçons spéciaux à un ou plusieurs fours. Alors le goudron et le gaz se rendent de chacun d'eux par des tuyaux à des collecteurs dans lesquels se réunissent les produits de toutes les batteries. Une valve sur le tuyau de jonction du barillet au collecteur permet d'isoler les fours auxquels elle correspond et de faire les réparations en toute sécurité.

Si nous supposons les fours en service régulier, il faut que le chauffeur veille d'une manière constante à son feu, dégage les grilles, enlève les laitiers ou mâchefer qui se forment, et entretienne la charge de combustibles qui est généralement du coke provenant de la distillation, ou de la houille; il doit faire au moins deux nettoyages à fond du foyer dans chaque période de vingt-quatre heures, afin de bien le décrasser de tous les laitiers qui peuvent adhérer aux grilles ou parois. Pour faciliter cette opération, l'ouvrier repousse sur la sole le combustible qui est sur la grille et le ramène sur cette dernière une fois le nettoyage terminé. Lorsque le moment de la fin de la distillation arrive pour un four, on fait faire quelques tours à la vis de pression d'un obturateur de tête de cornue de manière à le laisser bâiller par le haut; on enflamme avec du charbon ou un bouchon de paille le gaz qui s'échappe de la cornue, et on n'ouvre en entier celle-ci que lorsque la flamme est faible; sans cela on risquerait de donner lieu à un mélange détonnant dont l'inflammation casserait la cornue. Pendant qu'un ouvrier approche un chariot en tôle analogue au demi-cylindre à immerger le béton sous l'eau, un autre nettoie, avec une barre de fer terminée par un espèce de tire-bouchon, l'orifice de la colonne montante où se trouve presque toujours du goudron décomposé. Ces deux ouvriers prennent

ensuite deux ringards terminés par des crochets et font tomber, dans le chariot, le coke qui est conduit dans la cour, étendu et éteint au moyen de deux ou trois seaux d'eau. On flambe et on opère de même successivement sur les autres cornues. Le poids voulu de charbon a été déposé au préalable à 1^{m},50 ou 2 mètres de la tête des cornues, et des obturateurs fraîchement lutés sont placés à portée. Deux ouvriers (un droitier et un gaucher quand on en a) jettent rapidement et aussi régulièrement que possible le charbon dans la cornue, en commençant par le fond et s'arrêtant à la fonte où la température n'est pas assez élevée pour une bonne distillation. L'un des ouvriers applique alors rapidement l'obturateur sur la tête de la cornue tandis que l'autre engage les traverses et serre la vis de pression ; on opère de même pour les autres cornues. On conçoit que plus on apporte de célérité dans le chargement des cornues, moins on perd de gaz, et que quelque diligence qu'on déploie, il s'en échappe toujours assez pour chasser l'air qui était entré dans la cornue et dont le mélange avec le gaz diminuerait le pouvoir éclairant de ce dernier.

Généralement on compte pour la main-d'œuvre de la distillation deux hommes par four ; l'un est de service de jour, l'autre de nuit. Dans les usines importantes on réunit les hommes de plusieurs fours en un seul atelier ou chacun est employé suivant son aptitude spéciale aux diverses opérations indiquées ci-dessus. A la Compagnie parisienne les escouades sont formées de six hommes. Trois ouvriers de choix, payés à raison de 10 centimes chacun par chaque 100 kilogrammes de houille distillée en vingt-quatre heures, sont alternativement chargés, l'un des soins à donner au foyer, deux du chargement et du déchargement des cornues. Les trois derniers ouvriers sont payés moins cher, l'un prépare les tampons et les met en place ; un autre apporte le charbon du magasin auprès des batteries; le

troisième enlève le coke et l'éteint, il surveille de plus les barillets.

Le temps de la distillation dépend essentiellement de la qualité du charbon et de la température du four. Cette distillation doit être arrêtée lorsque le gaz, restant à se dégager de la charge, évalué à son prix de revient au sortir de la cornue, représente une valeur inférieure à celle du chauffage qui serait nécessaire pour ce dégagement. Supposons que dans une distillation de six heures une tonne de houille ait dégagé pendant

La 1re heure	66	mètres cubes,
La 2e —	81	—
La 3e —	68	—
La 4e —	46	—
La 5e —	26	—
La 6e —	8	—

et que le chauffage coûte 1f,50 par heure; si le mètre cube de gaz représente 5 centimes on aurait dû arrêter l'opération avant la fin de la 4e heure; si le mètre cube représente 10 centimes il aurait fallu défourner avant la fin de la 5e. Une distillation prolongée donne de meilleur coke, mais cette considération est sans intérêt, car son prix de vente n'en est pas modifié si, grâce à des appareils spéciaux, on n'arrive pas à produire du coke métallurgique.

Pour maintenir la marche régulière des fours, il faut éviter trois principaux écueils: les dépôts de graphite dans les cornues, les fissures des cornues et les obstructions des colonnes montantes. Le graphite se forme généralement lorsque le gaz ne s'échappe pas assez vite de la cornue; le plus simple est de le détruire à mesure qu'il se dépose; il suffit pour cela de ne pas recharger la cornue aussitôt qu'elle est déchargée; on laisse entre ces deux opérations un certain intervalle pendant lequel la cornue reste ouverte et l'air brûle la pellicule de carbone qui s'est formée.

Lorsque par suite d'un défaut de surveillance le graphite s'est déposé sur une épaisseur assez considérable pour empêcher la chaleur de se transmettre, pour diminuer la capacité de la cornue et gêner le chargement et le déchargement, on ne fait plus fonctionner cette cornue, et on la laisse ouverte jusqu'à ce que le graphite soit brûlé et détaché à la pince, avec assez de précaution pour ne pas casser la cornue. On opère plus rapidement en bouchant l'ouverturture de la cornue par un tampon traversé d'un tube dont on dirige l'orifice sur le graphite, tandis qu'on active le tirage en faisant communiquer la colonne montante avec la cheminée des fours. Les fissures des cornues laissent perdre une partie du gaz et diminuent ainsi le rendement utile. Elle sont souvent le résultat d'un chauffage irrégulier ou de coups de crochet. Elles se révèlent par la trainée brillante qu'elles forment. Lorsque l'ensemble du four peut rendre encore de bons services, on bouche cette fuite sans arrêter la marche du four. Pour cela on nettoie et on avive les bords de la fissure et on applique dessus, avec une spatule, un mastic argileux spécialement fabriqué pour cet usage.

Quelquefois, avec les charbons très-bitumeux, le goudron se décompose en si grande quantité dans la colonne montante, que celle-ci, surtout si elle n'a pas été parfaitement nettoyée avant la charge, se trouve bouchée et ne donne plus passage au gaz. Dès qu'on s'en aperçoit au jet de la vapeur noirâtre qui se fait jour à la jonction de l'obturateur, on s'empresse d'enlever celui-ci afin d'éviter la rupture de la cornue, et on débouche le tuyau au moyen de la tringle en fer terminée par une espèce de tire-bouchon dont nous avons parlé, puis on remet un nouvel obturateur avec de la glaise fraîche. Il va sans dire qu'on doit opérer avec rapidité afin de ne pas perdre trop de gaz; si cette opération ne suffit pas pour faire disparaître l'obstruction, on enlève les chapeaux situés à l'extrémité des

bras des croix formées par les angles de la colonne, et on attaque avec plus de facilité le dépôt qui s'est formé.

Lorsqu'on remarque une tendance aux encrassements des colonnes montantes, on mélange quelques kilogrammes d'huile lourde (un des produits de la distillation du goudron) à la charge du charbon de la cornue; les vapeurs produites dissolvent le brai et nettoient très-bien les obstructions. Tout en reconnaissant que la nature du charbon joue un grand rôle dans la production des dépôts dans les colonnes montantes, les praticiens ne sont pas fixés sur les causes qui les provoquent. Les uns croient qu'ils se forment lorsque les colonnes ne sont pas assez chaudes et citent des faits d'obstruction par des vents violents qui pénétraient dans la halle de distillation. D'autres disent au contraire que le goudron est distillé dans les colonnes montantes qui sont trop chaudes, et y laisse un dépôt de brai. Ils ajoutent que les obstructions ont diminué sensiblement par la substitution d'un mur de tête des fours de $0^m,33$ d'épaisseur, et mieux de deux murs séparés par un matelas d'air, à un mur primitif de $0^m,22$ d'épaisseur. Il est probable que la vérité est entre ces deux opinions extrêmes. Dans tous les cas, les obstructions causent une grande gêne et une grande perte de gaz; elles doivent être évitées autant que possible, il ne faut donc pas trop rapprocher la charge de la tête de la cornue, car une partie de la houille est distillée alors à une température trop basse et donne lieu à une abondante production de goudron.

Quel que soit le mode de chauffage, il faut conduire la distillation avec certaines précautions. D'un côté, si l'on ne chauffe pas assez les cornues, si l'on ne dépasse pas le rouge sombre, on produit peu de gaz et d'essences légères, mais beaucoup de goudron et d'hydrocarbures liquides; d'un autre côté, si on laisse le gaz trop longtemps en présence de surfaces très-chaudes, le gaz oléfiant passe d'abord à l'état de gaz des marais, puis d'hydrogène, en déposant du

graphite, et l'on perd du pouvoir éclairant. Il faut donc arriver à une température élevée mais pas excessive, et forcer le gaz à rester le moins de temps possible dans les cornues. Dans la pratique on obtient ce double résultat en chauffant le four entre 12 et 1.400° au lieu de 7 à 900 (*), comme on le faisait autrefois (la distillation s'effectue alors en 4 heures au lieu de 6 à 8 heures nécessaires anciennement), et en remplissant les cornues le plus possible, de manière que le gaz en sorte aussitôt après sa formation. Il faut cependant qu'il y ait après la distillation assez de place entre la voûte de la cornue et le coke pour introduire les crochets servant à défourner. On doit tenir compte du gonflement qui se produit dans certains charbons en passant à l'état de coke.

On a trouvé que les fours, malgré une destruction rapide provoquée par une production intensive (ils résistent rarement plus d'une campagne), produisent pendant leur durée limitée plus de gaz que ceux qui sont chauffés moins fortement. On obtient ainsi avec de fortes charges, une température élevée et une distillation rapide, non-seulement de meilleur gaz, mais encore par mètre cube de gaz fabriqué, une économie dans les frais de premier établissement, d'entretien, de chauffage et de main-d'œuvre. Dans ces conditions, la charge se fait à Paris toutes les 4 heures, et elle varie par cornue de 120 à 170 kilog. de houille, soit de 5 à 7 tonnes par four en 24 heures suivant l'habileté des

(*) Voici les températures approximatives correspondant à l'aspect des fours :

Rouge sombre. . .	700	Blanc nuancé. . .	1.300
— cerise. . . .	900	— éblouissant.	1.500
Orangé clair. . . .	1.200		

Pour obtenir le blanc nuancé il faut que le tirage produise une dépression de 0^{m},011 d'eau dans le four, allant, par suite des frottements, jusqu'à 0,02 au pied de la cheminée verticale.

ouvriers. Le rendement moyen est de 29 à 30 mètres cubes de gaz pour 100 kilog. de houille.

On n'obtient en France de semblables résultats qu'à Paris et ses environs. En province les ouvriers se nourrissent moins bien et font moins d'ouvrage. Même dans les grandes villes, on arrive difficilement à distiller en 4 heures des charges atteignant à peine 4 tonnes de houille en 24 heures, par four de 7 cornues. Dans les petites villes l'usine ne comporte pas assez de fours pour former des équipes d'ouvriers, et souvent un homme doit faire seul toutes les opérations. On comprend facilement que le chargement et la fermeture des cornues s'effectue alors avec lenteur et qu'il en résulte une déperdition importante de gaz. Les conditions de fabrication deviennent encore plus mauvaises lorsque l'usine, en été, ne peut utiliser complétement un four à 7 cornues. On ne peut en effet avoir moins de 2 ouvriers : un de nuit, l'autre de jour, et un contre-maître régisseur, le tout pour produire en 24 heures 4 à 500 mètres cubes au lieu de 2.000. Le prix de fabrication est alors plus que quadruplé.

Un four neuf à 7 cornues, tout compris, sauf la cheminée verticale, revient à Paris à 800 francs par cornue, et au double si l'on comprend la halle. Le remplacement, fait généralement tous les ans, des cornues et pièces déformées, revient de 2.500 à 3.000 francs par four.

Pour se soustraire à la nécessité de trouver des ouvriers habiles, on cherche, avons-nous dit, à employer des moyens mécaniques pour le chargement et le déchargement des fours ; on se sert dans quelques usines d'une cuiller (*fig.* 6) de la longueur de la cornue, on introduit cette cuiller pleine de houille, on lui fait faire un demi-tour et on la retire ; la cornue se trouve ainsi chargée d'une manière assez régulière. On commence aussi dans les grandes usines à substituer dans le chauffage à la combustion directe et complète du coke ou de la houille, la flamme produite par

un mélange d'air chaud et d'oxyde de carbone produit par une première combustion incomplète. Les soins du foyer n'exigent plus alors des chauffeurs aussi habiles que dans les fours ordinaires; on obtient une température plus régulière et une économie de 20 à 25 p. 100 de combustible, lorsqu'ils fonctionnent à pleine charge; mais il faut une cave de 4 à 5 mètres de profondeur au-dessous de la halle du four, et une dépense première plus élevée tant pour cette halle que pour les fours. On peut estimer que chaque cornue, y compris la halle, revient entre 2.000 et 2.200 francs. Les trois principaux types sont ceux de M. Siemens, modifié par la Compagnie parisienne, de M. Ponsard et de M. Lancauchez. Le foyer ordinaire n'existant plus, ces fours ont huit cornues.

MM. Muller et Eichelbrenner ont imaginé une disposition qui exige une construction moins élevée, mais qui, d'autre part, ne peut s'appliquer qu'aux fours non adossés. Si les résultats sont satisfaisants, ces derniers fours conviendraient de préférence aux petites usines. Nous ne faisons qu'indiquer ces tendances qui se manifestent dans les procédés de distillation; la description de ces dispositions nouvelles, en usage seulement dans quelques grandes usines, nous entraînerait au delà du cadre que nous nous sommes tracé.

6° *Épuration.* — En sortant du barillet, le gaz d'éclairage encore à une haute température est, nous l'avons vu, mélangé d'une petite proportion de gaz nuisibles et d'un volume assez considérable de vapeurs condensables. On le débarrasse de ces produits étrangers par l'emploi successif d'opérations physiques et de réactifs chimiques. Il serait désirable, afin d'apporter de l'ordre et de la clarté dans l'exposition d'opérations compliquées, de les diviser en deux parties distinctes : épuration physique, épuration chimique; mais comme quelques appareils peuvent être

utilisés avec ou sans réactifs chimiques, et que divers produits sont éliminés, soit physiquement, soit chimiquement, nous nous bornerons à décrire, à peu près dans l'ordre de leur emploi, les diverses opérations les plus usitées, sans nous astreindre à une classification à peu près impossible.

Les gaz combustibles produits par la distillation, sont des hydrogènes carbonés, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène ; les gaz incombustibles sont de l'acide carbonique, de l'ammoniaque et de l'acide sulfhydrique, les vapeurs sont des hydrocarbures formant du goudron, de l'eau, des sels ammoniacaux, des sulfures et cyanures. Nous ne citons que les produits les plus importants, car en 1868 la liste totale était déjà de 46, et elle s'allonge tous les jours. Nous ne nous arrêterons pas aux diverses méthodes spéciales d'épuration appliquées dans certaines localités, où l'on peut trouver et utiliser quelques déchets de fabriques sans valeur, ni aux nombreux essais que l'on a tentés et qu'on tente tous les jours. Nous nous bornerons à décrire les procédés qui sont le plus fréquemment employées et parmi lesquels chacun pourra faire son choix, suivant les circonstances.

Nous croyons utile, afin de faire comprendre plus facilement les détails de l'épuration, de commencer par énumérer les divers moyens usuels physiques et les réactifs qui peuvent fixer les corps étrangers sans trop affaiblir le volume ou le pouvoir éclairant des gaz combustibles.

La vapeur d'eau est précipitée par le refroidissement.

Les vapeurs de goudron sont condensées par le refroidissement, par les chocs répétés d'un jet de gaz sur des surfaces résistantes, par un tamisage du gaz au travers de corps très-divisés ; il est aussi précipité, et entraîné par des gouttelettes d'eau.

L'acide carbonique se dissout en partie dans la vapeur d'eau et dans l'eau ; il est absorbé par la chaux éteinte.

L'ammoniaque et les sels ammoniacaux sont en partie

dissous par la vapeur d'eau et précipités avec elle, lorsqu'elle se condense. Ils sont dissous également par l'eau pure et surtout par l'eau ammoniacale. Enfin ils sont retenus à l'état de sulfate d'ammoniaque par l'acide sulfurique employé à l'état d'hydrate étendu ou de sulfate de fer.

L'acide sulfhydrique, le corps étranger le plus nuisible, est absorbé par la chaux et par l'oxyde de fer.

L'acide sulfureux, le cyanogène et les sulfocyanogènes sont aussi retenus par la chaux et en partie par l'oxyde de fer.

Le sulfure de carbone qui existe aussi dans le gaz et qui produit, dans la combustion, de l'acide sulfureux est éliminé très-rarement; il l'est en partie cependant par le lavage à l'eau ammoniacale. Ces quatre derniers corps n'existent d'ailleurs dans le gaz qu'en volumes presque inappréciables.

En vertu de la loi de la diffusion, les corps volatils restent à l'état de vapeurs mélangés aux gaz fixes, à des températures où normalement ils devraient être à l'état solide ou liquide; mais la condensation et le dépôt sont d'autant plus énergiques que la température s'abaisse davantage, et que le corps est moins volatil. Les vapeurs goudronneuses, aqueuses et ammoniacales commencent à se déposer dans le barillet, mais leur séjour dans cet appareil est trop court et la température au-dessus des fours trop élevée pour que la condensation soit suffisante. Une partie se trouve entraînée à l'état de gouttelettes par le courant de gaz, et formerait des dépôts, soit dans les appareils qu'elle encrasserait, soit dans les conduites qu'elle obstruerait si on ne la recueillait auparavant. Comme parmi ces vapeurs, les matières goudronneuses donnent au gaz un grand pouvoir éclairant, il convient, d'un autre côté, de ne pas provoquer un dépôt plus considérable que celui qui se formerait naturellement dans les conduites de distribution, qui ont, comme la terre, une température moyenne de

10 à 12°. Il semble donc prudent de ne pas abaisser dans l'usine la température du gaz au-dessous de 10°.

Le goudron (*) se dépose en commençant par les parties les plus denses, d'abord dans les colonnes montantes comme nous l'avons vu, puis dans le barillet et les divers appareils qu'il traverse. Les portions plus riches en essences, par conséquent les plus légères, se condensent les dernières.

La vapeur d'eau contenue dans le gaz se condense également en partie sous l'effet du refroidissement. La propriété qu'elle a d'absorber une certaine quantité de sels ammoniacaux, d'ammoniaque et d'acides carbonique et sulfhydrique se trouve surexcitée, dans ce cas particulier, par l'affinité de ces divers gaz qui se combinent pour former des carbonates et sulfhydrates d'ammoniaque. Ces sels et quelques autres moins abondants restent en dissolution dans l'eau qui s'est déposée et qu'on nomme dans les usines : eau ammoniale ; celle-ci est d'autant plus riche en sels qu'elle s'est condensée plus loin du barillet.

Pour activer ces condensations, on dispose à la suite du tuyau collecteur du gaz, à la sortie des barillets, une série

(*) Le goudron est un composé de divers carbures d'hydrogène plus ou moins volatils. Dans les usines ordinaires on l'utilise pour le chauffage ou bien on le vend, soit comme peinture, soit pour en extraire divers produits qui ont pris, dans ces dernières années, une importance considérable. En moyenne, 100 kilog. de goudron contiennent, outre une certaine quantité d'eaux ammoniacales, 5 kilog. d'huile légère, 25 kilog. d'huile lourde et 62 kilog. de brai.

On appelle huiles légères celles qui sont moins lourdes que l'eau. Elles distillent entre 80° et 186°, parmi elles la benzine et l'aniline sont les plus précieuses. Les huiles lourdes distillent entre 187° et 280°, elles contiennent l'anthracène dont on extrait la garancine, l'acide phénique et la naphtaline, matière dont on débarrasse difficilement le gaz et qui produit presque toutes les obstructions des conduites. Le brai est ce qui reste au-dessus d'une température de 300°. On l'emploie à faire des agglomérés avec les menus de charbon. On peut voir, dans Schilling, les nombreux produits du goudron.

de tuyaux dont le refroidissement est opéré par l'air extérieur et souvent activé par un filet d'eau qui mouille leur surface et qui agit par contact et par évaporation. Ces tuyaux sont disposés, autant que possible, à l'abri du soleil, à couvert ou au nord le long des murs. Leurs dispositions sont très-variables; souvent on les superpose dans un plan vertical, de manière à former un serpentin dont les branches ont alors une légère inclinaison, environ 5 centimètres par mètre, afin de permettre aux produits de la condensation de s'écouler facilement. Ces produits s'échappent du tuyau inférieur par un siphon. Le tuyau le plus élevé est arrosé extérieurement par de petits filets d'eau qui égouttent ensuite sur les tuyaux inférieurs, de manière à mouiller toute la surface du serpentin. Le gaz arrive par la partie inférieure et se trouve ainsi en contact avec des surfaces de plus en plus froides à mesure qu'il s'élève.

Une des dispositions les plus usitées est celle dite *en jeu d'orgue* (*fig.* 11, 12 et 13); elle consiste dans un groupe formé de tuyaux verticaux réunis deux à deux par le sommet au moyen de raccords et à la base par une bâche divisée par des diaphragmes *f* de manière à forcer le gaz à circuler successivement dans tous les tuyaux, suivant les chiffres du plan de la bâche. Un siphon *g* donne écoulement aux produits de la condensation et maintient un niveau *m* constant dans la bâche. Dans tous les cas les produits de la condensation, goudrons et eaux ammoniacales, se rendent dans des citernes assez grandes pour permettre d'attendre le moment opportun de les employer ou de les vendre.

Pour que le refroidissement du gaz par le contact de l'air soit efficace, il faut que les tuyaux n'aient pas un fort diamètre, 15 à 20 centimètres au maximum; afin que la condensation s'opère convenablement, il convient que la vitesse du gaz soit faible (2 mètres par seconde au maxi-

mum) ; il en résulte que, lorsque le volume du gaz est considérable, on est amené à faire passer le gaz à la fois par plusieurs séries parallèles de condenseurs. Pour éviter cette multiplicité de tuyaux, on emploie quelquefois des tuyaux concentriques, de manière à augmenter les surfaces. Le gaz circule dans la partie annulaire. Si les tuyaux n'ont que l'inclinaison nécessaire pour l'écoulement des liquides de condensation et se rapprochent ainsi de l'horizontale, une des extrémités des tuyaux intérieurs est ouverte et l'autre communique avec la cheminée de l'usine, de manière à former un courant d'air ; s'ils sont verticaux et affectent la disposition de tuyaux d'orgue, les deux extrémités des tuyaux intérieurs sont ouvertes, le courant d'air s'établit tout naturellement. Ce courant peut être activé en enveloppant tout l'appareil d'une charpente formant une vaste cheminée. On évalue, dans les grandes usines, la dépense d'une condensation de 60 à 65 francs par mètre carré de surface, et ce prix s'élève à 80 francs lorsqu'on l'enveloppe d'une cheminée d'appel en charpente.

Pour obtenir une bonne condensation, il faut que le développement des tuyaux, non compris le barillet, soit tel qu'il représente une surface de 20 mètres carrés par chaque 1.000 mètres de gaz, produit en 24 heures. Mais il ne faudrait pas beaucoup exagérer cette surface, parce que le gaz devenant alors de moins en moins humide, il pourrait se former des obstructions solides de sels ammoniacaux ou de naphtaline (*) Cette formation de dépôts solides prouve que la vapeur d'eau s'est condensée plus rapidement qu'elle n'a dissous l'ammoniaque et les acides carbonique et sulfhydrique. Il en résulte qu'en mouillant une seconde fois le gaz, on peut espérer arrêter une nouvelle quantité de gaz

(*) Lorsqu'on dispose d'un courant d'eau froide on peut placer des serpentins horizontalement dans une bâche dont l'eau est renouvelée par le courant. Alors la surface de condensation peut

nuisibles, mais pas complétement, car l'ammoniaque n'est pas en assez grande quantité pour neutraliser les acides et former des sels solubles; il restera donc dans le gaz des acides carbonique et sulfhydrique.

Le lavage du gaz se fait de diverses manières; généralement, à l'imitation de l'Angleterre, il s'effectue dans de grands cylindres en tôle ou en fonte de 4 mètres au moins de hauteur (*fig.* 14), — on dit qu'en Angleterre, où on les nomme scrubbers, on en voit qui atteignent 20 mètres, — qui sont remplis, au-dessus d'un ou de plusieurs planchers étagés et percés de trous, de matières offrant des aspérités comme des fragments de vieilles cornues. (Le gros coke, que l'on employait autrefois, avait l'inconvénient de s'écraser et de former un magma dans lequel le gaz circule difficilement.) Un filet d'eau arrivant par la partie supérieure arrose toute la masse que le gaz parcourt de bas en haut. Il est admis dans la pratique que ces colonnes doivent avoir au moins un mètre cube par chaque 1.000 mètre de gaz fabriqué en 24 heures.

On emploie généralement deux de ces colonnes, afin d'obtenir deux passages, le premier au contact d'eau ammoniacale, le second d'eau pure; au lieu de deux colonnes, on peut en avoir une seule divisée en deux dans toute sa hauteur par un diaphragme vertical.

être considérablement diminuée. M. Péclet donne les résultats suivants :

EXCÈS de température du gaz.	QUANTITÉ DE CHALEUR PERDUE par unité de surface extérieure de tuyaux.	
	Par réfrigérence de l'air.	Par immersion dans l'eau.
Par excès de 10°	8	87
— 20°	18	266
— 30°	29	5.353
— 40°	40	8.944
— 50°	53	13.437

Le gaz en contact avec de nombreuses surfaces mouillées abandonne une grande partie des produits goudronneux en excès qu'il retenait encore, en même temps l'acide carbonique, le gaz ammoniaque, les carbonates et sulfhydrates d'ammoniaque sont dissous par l'eau. Ces solutions réagissent les unes sur les autres et il se forme du carbonate d'ammoniaque, tandis qu'une partie de l'acide sulfhydrique est chassée. D'après des expériences faites par M. Mallet, il faut opérer le lavage dans la première colonne avec une quantité d'eau ammoniacale égale au moins à huit fois celle qui est produite par le gaz à laver, et dans la seconde avec de l'eau pure en volume égal à cette dernière quantité; ainsi une tonne de houille distillée donnant en moyenne 60 litres d'eau ammoniacale, on devra, dans un lavage continu, employer dans la première colonne autant de fois 480 litres d'eau ammoniacale, et dans la seconde autant de fois 60 litres d'eau pure qu'on distillera de tonnes de houille, et diminuer même la quantité d'eau pure si le pouvoir éclairant était affaibli. Lorsque l'eau ammoniacale a subi un assez grand nombre de passages pour marquer 3 degrés à l'aréomètre, on l'utilise pour la fabrication du sulfate ou du chlorhydrate d'ammoniaque. Mais il faut observer que cette opération n'est possible, commercialement parlant, que si l'usine distille au moins 1.000 tonnes de charbon par an. Dans les petits établissements, l'eau ammoniacale est un embarras, on ne peut la jeter dans les cours d'eau qu'elle empeste; on n'a d'autre ressource que de l'évaporer sous les foyers. Dans d'autres usines on emploie dans la colonne, au lieu d'eau ammoniacale, de l'eau légèrement mélangée d'acide sulfurique transformant les produits ammoniacaux en sulfate d'ammoniaque; mais dans ce cas, les appareils doivent être doublés en plomb, et on transforme une opération physique en une véritable épuration chimique dont on parlera plus tard. Quelquefois on se borne à faire passer à sec dans le scrubber le gaz

qui abandonne alors surtout le goudron. Ce dernier empâte les matières, qu'il faut changer de temps en temps au moyen de portes ménagées dans les parois.

Les colonnes de lavage présentent quelques inconvénients. Avec l'acide sulfurique étendu, elles laissent passer l'acide carbonique sans le fixer ; avec l'eau ammoniacale et l'eau on retient bien une grande partie de l'acide carbonique et de l'ammoniaque, mais on précipite en même temps, en excès, les vapeurs de goudron tenues en suspension, et si l'on augmente d'un côté le pouvoir éclairant, on risque fort de l'autre, par un lavage trop énergique, de le diminuer davantage. Des chimistes distingués prétendent même qu'il faut laisser un peu d'ammoniaque dans le gaz, afin de former des cyanures solubles qui soient éliminés dans les opérations suivantes et qui ne le seraient pas sans cette base. Ensuite il est très-difficile de répandre de l'eau de manière à humecter également toute la masse, et une partie du gaz peut alors traverser la colonne sans s'être trouvée en présence de l'eau. Enfin, en été, l'eau ammoniacale répand de mauvaises odeurs et peut salir le gaz. Dans certaines usines, au lieu de faire passer le gaz dans des colonnes, on lui fait traverser de la sciure de bois humide contenue dans des cuves semblables aux caisses d'épuration dont nous parlerons plus tard. Le gaz se trouvant ainsi uniformément en présence de matières humides, l'opération est conduite avec plus de régularité. Lorsque la sciure est saturée, on la lave pour l'utiliser de nouveau, tandis que l'eau qui en sort est mêlée aux eaux de condensation. Mais dans ce cas, comme dans ceux où l'on n'emploie pas de colonnes de lavage et où l'on retient les sels ammoniacaux par des moyens chimiques, il est prudent d'interposer entre la condensation et les cuves d'épuration un appareil Pelouze et Audouin qui a pour objet de précipiter le goudron et les eaux ammoniacales en excès entraînées par le gaz et qui pourraient salir les matières des cuves d'épuration.

Appareil Pelouze et Audouin (*fig.* 15). — L'appareil Pelouze et Audouin est basé sur un fait bien connu : c'est qu'un jet de gaz frappant sur une surface y dépose du goudron lorsqu'il en contient. Pour opérer convenablement, les jets doivent être dus à une pression d'environ 2 centimètres d'eau. L'appareil se compose d'une cloche à triple parois en tôle, et dont chacune est percée de petits trous se contrariant de manière à former deux chocs. Cette cloche A plonge dans une gorge hydraulique G et est suspendue à un régulateur, de manière à proportionner sous la même pression le nombre des orifices au volume du gaz à écouler. Le gaz arrive par C dans la caisse cylindrique B, traverse les trous de la cloche A et s'échappe en D au-dessous de la gorge hydraulique G. Les produits de la condensation s'écoulent par un tuyau E muni d'un siphon. Les régulateurs, dont l'usage est si fréquent dans la distribution du gaz, reposent tous sur le même principe, l'élévation plus ou moins grande d'une cloche par la pression du gaz. Ici le gaz arrive en F par l'enveloppe que traverse la tige de suspension, qui réunit la cloche percée à la cloche supérieure. Cette dernière, allégée par un tambour situé à sa partie inférieure et plein d'air, plonge dans une bâche cylindrique remplie d'eau sur une certaine hauteur. Elle est lestée de poids variables qu'on détermine dans chaque cas particulier, de manière à équilibrer en B la pression intérieure qui est la somme de la pression du gaz en D et de celle qui est due au passage au travers des trous de la cloche percée : ici 2 centimètres. — Le guidage de cette cloche supérieure se fait au moyen de galets. On voit de suite que, l'appareil étant réglé, si le volume du gaz produit par unité de temps vient, par exemple, à diminuer, ce volume moindre de gaz s'écoulerait avec moins de frottement par les trous de la cloche inférieure situés au-dessus de la gorge hydraulique, si cette cloche restait fixe. La pression du gaz diminuerait alors en B et F et la cloche supérieure

s'abaisserait ; mais la cloche inférieure n'est pas fixe, elle suit ce mouvement, elle s'enfoncera donc assez dans la gorge pour qu'il ne reste plus au-dessus du liquide que le nombre de trous nécessaires pour que la différence de pression entre ses deux parois soit rétablie à 2 centimètres. Cet appareil a l'avantage de n'occuper que peu de place ; mais, à cause de la pression qu'il développe, il ne peut guère être employé que dans les usines munies d'extracteurs, c'est-à-dire dans des usines produisant au moins un million de mètres cubes de gaz par an. Pour bien fonctionner, il doit être placé dans un endroit où la température ne s'abaisse pas au-dessous de + 10° centigrades.

Extracteurs. — Avant de continuer la description des procédés de purification du gaz, nous parlerons des extracteurs quoiqu'ils ne concourent pas à l'épuration, mais parce qu'on les place généralement entre la condensation et les cuves d'épuration. Le gaz dans les cornues est soumis à une pression qui est la somme des pressions développées par le plongement des pipes dans le barillet, par les frottements du gaz dans les condenseurs, les colonnes à coke, les cuves d'épuration et autres appareils analogues, et enfin par le poids des cloches des gazomètres. Dans les petites usines, on peut équilibrer les cloches par des contrepoids et réduire la pression du gaz dans leur intérieur à une quantité mesurée par 5 ou 6 centimètres de hauteur d'eau, valeur nécessaire généralement pour l'émission du gaz dans les conduites ; en comptant 2 centimètres de pression perdue dans les divers appareils de purification et 3 dans le barillet, on arrive à une compression de gaz dans les cornues mesurée par une hauteur d'eau de 10 à 12 centimètres. Cette charge serait sensiblement supérieure dans les grandes usines où l'on ne peut penser à équilibrer le poids des cloches des gazomètres. Plus la pression intérieure est considérable, plus grande est la déperdition du

gaz au travers des fissures que présentent presque toujours les cornues ; d'un autre côté tout ce qui s'oppose à un dégagement rapide du gaz en diminue, ainsi que nous l'avons vu, la quantité, la qualité et provoque les dépôts de graphite. Il y a donc un grand intérêt à rendre la pression dans les cornues aussi faible que possible tout en ayant ensuite une pression assez considérable pour le fontionnement des divers appareils. On y arrive au moyen d'extracteurs. Ce sont des machines soufflantes qui agissent par aspiration du côté des cornues et par refoulement du côté des gazomètres. On s'arrange généralement de telle sorte que la pression dans le barillet soit celle de l'atmosphère. La tension du gaz dans les cornues est alors simplement celle qui est due à la garde du goudron des plongeurs. Les appareils les plus fréquemment employés sont : des ventilateurs à force centrifuge, système Schiele ; un instrument construit sur le principe de l'injecteur Giffard, système Kœrting ; des cloches plongeant dans un liquide et animées d'un mouvement alternatif de bas en haut de manière à produire une aspiration et une compression, système Pauwels et Dubochet; un cylindre dans lequel des palettes mobiles tournent autour d'un axe excentrique à celui du cylindre, appareil Beale ; un cylindre dans lequel 2 noix tournent en sens contraire en s'emboîtant l'une dans l'autre et chassent le gaz, appareil Jones ; enfin des pompes à piston et à tiroirs métalliques, car on doit éviter les clapets qui fonctionnent mal en présence du goudron qui se dépose. La plupart de ces extracteurs produisent dans la colonne de gaz des oscillations qu'on doit éviter de transmettre aux cornues ; il convient donc de les placer loin de ces dernières pour que les pulsations de la machine soient amorties par une longueur suffisante de tuyaux. D'un autre côté, comme on aurait à redouter l'introduction de l'air si l'on aspirait sous une forte dépression, il convient d'agir par refoulement sur les appareils qui absorbent ou développent

le plus de pression, tels que les cuves d'épuration et les cloches des gazomètres. Ce sont ces diverses considérations qui font généralement placer les extracteurs après les condensateurs et les colonnes à coke et avant les cuves d'épuration. Si l'on emploie l'appareil Pelouze, il conviendra de le placer après l'extracteur, parce que le goudron en excès qui existe encore dans le gaz avant de passer dans l'appareil Pelouze lubrifie les surfaces et évite le graissage des surfaces frottantes des extracteurs. Quel que soit le système d'extracteur employé, on voit que pour répondre au travail qu'on lui demande, il doit fonctionner avec d'autant plus de rapidité que la production du gaz est grande. Le moteur, généralement une machine à vapeur, doit donc accélérer son mouvement à mesure que la résistance croît. Et comme cette résistance varie à chaque instant, le mécanicien devrait avoir constamment l'œil sur le manomètre indiquant la pression du gaz, et la main sur le robinet d'introduction de la vapeur, si l'on n'employait pas un régulateur spécial fonctionnant d'une manière automatique. Celui de la machine à vapeur ne répond pas, en effet, au but qu'on se propose, puisque généralement il tend à rendre uniforme le mouvement de la machine quelles que soient les variations de la résistance. Le moyen qu'on emploie est de faire passer par l'extracteur toujours la même quantité de gaz quelle que soit la production; ce qu'on obtient en ramenant en avant de l'extracteur une partie du gaz qui l'a déjà franchi une première fois. Comme dans l'appareil Pelouze et Audouin, c'est le régulateur à cloche qui est l'organe essentiel permettant le retour du gaz. Deux tuyaux émergent de l'eau de la bâche A (*fig.* 18), l'un D communique avec la conduite d'aspiration, l'autre C avec celle de refoulement. L'orifice du tuyau C porte un diaphragme E percé d'un trou circulaire dans lequel se meut un cône F suspendu à la cloche. Suivant que le dégagement du gaz est plus ou moins abondant, la pression dans le tuyau

d'aspiration est plus ou moins forte, la cloche et le cône s'élèvent ou s'abaissent, et diminuent ou agrandissent la surface annulaire comprise entre le diaphragme et le cône. On voit de suite que, sollicité par la différence des pressions, le gaz refoulé se précipitera du côté de l'aspiration en volume d'autant plus considérable que la tension sera moins forte en D. Certains constructeurs adoptent une disposition plus simple, ils réunissent les tuyaux d'aspiration et de refoulement par un troisième qui passe au-dessus de l'extracteur et dans lequel une valve est mise en mouvement par un balancier actionné par la cloche d'un régulateur. Dans un cas comme dans l'autre, la cloche est allégée par une boîte à air et réglée au moyen de poids mobiles. La force dépensée par les extracteurs est, dans les usines bien montées, d'un tiers de cheval environ par chaque mille mètres cubes de gaz fabriqués en 24 heures. Mais, pour obvier aux résistances accidentelles, on a la coutume de donner une plus grande puissance à la machine à vapeur. Une installation déjà ancienne du système Beale, avec la première disposition du régulateur et comprenant double extracteur, double machine à vapeur, double chaudière et une canalisation longue et compliquée, a coûté 100.000 francs pour une usine produisant au maximum 25.000 mètres cubes par 24 heures, ce qui fait 4.400 francs par chaque mille mètres cubes. Cette machine pourrait suffire pour une plus grande production. Une autre installation, également double, et du système Beale, avec la seconde disposition de régulateur, a coûté 15.000 francs pour une émission maximum de 6.000 mètres cubes par 24 heures, soit 2.500 francs par chaque mille mètres cubes. Ces dernières machines ont été vendues pour une production maximum de 9.000 mètres en 24 heures.

Cuves d'épuration. — Après la condensation, le gaz d'éclairage contient encore les sulfures, les cyanures, et

une partie plus ou moins considérable de gaz acide carbonique, d'ammoniaque et de sels ammoniacaux, suivant qu'on se sera plus ou moins abstenu des lavages.

Dans quelques usines, on débarrasse le gaz des produits ammoniacaux en les transformant en sulfate d'ammoniaque, soit, comme nous l'avons vu, en employant de l'acide sulfurique dans les scrubbers, soit par la réaction du sulfate de fer. Cette double décomposition est opérée en faisant passer le gaz au travers, soit d'une solution aqueuse de sulfate de fer contenue dans des caisses closes et étagées, soit d'un mélange de sciure de bois humide et de sulfate de fer dans une cuve analogue à celles qui servent à fixer les produits sulfurés et dont nous parlerons bientôt.

Dans le premier cas on évacue, lorsqu'elle est saturée, la solution de la cuve la plus basse, et l'on fait descendre d'un étage celle des autres cuves en remplaçant le liquide de la cuve la plus élevée. Le gaz arrive évidemment par la cuve la plus basse pour passer successivement en s'élevant dans les autres. Dans le second cas, un lavage de la matière, lorsqu'elle est transformée, donne une solution de sulfate d'ammoniaque; et l'on extrait de cette solution le sel par évaporation et cristallisation. Mais ces systèmes exigent, pour obtenir le sulfate d'ammoniaque, une opération distincte de celle qui a pour but de l'extraire des eaux ammoniacales, ce qui est un inconvénient; et l'on préfère généralement le lavage ordinaire qui ne donne lieu qu'à un seul produit, et par conséquent à une seule opération pour extraire les sels ammoniacaux.

L'absorption des sulfures s'opère de deux manières différentes, soit au moyen de la chaux, soit en employant l'oxyde de fer. Le prix relatif des deux substances et la facilité plus ou moins grande que l'on trouve à se défaire de la chaux sortant des épurateurs (*) et qui a une odeur

(*) On a cherché à l'utiliser pour la fabrication du bleu de

infecte, fixent sur le choix à faire dans chaque localité. Dans un cas comme dans l'autre, on emploie les mêmes appareils connus spécialement sous le nom de cuves d'épuration.

Lorsqu'on emploie la chaux, une partie de celle-ci, en se transformant en carbonate, retient l'acide carbonique qui peut se trouver dans le gaz, tandis qu'une autre donne naissance à du sulfure de calcium en absorbant le soufre des gaz sulfurés. Elle enlève aussi le cyanogène et le sulfocyanogène en mettant en liberté l'ammoniaque qui était combiné avec ce corps.

La chaux s'emploie, éteinte quinze jours au moins à l'avance, en farine un peu humide, mais ne s'attachant pas aux doigts. Elle est étendue (*fig.* 16) par lits de $0^m,05$ à $0^m,06$, sur des claies *mn* étagées dans des cuves généralement rectangulaires, munies d'un couvercle A (*fig.* 17) entrant dans une gorge à eau B assez profonde pour que le gaz ne puisse s'échapper sous la pression à laquelle il est soumis. Afin de forcer le gaz à traverser la chaux, on a soin de calfater avec de la mousse les interstices qui pourraient exister entre les claies et les parois de la cuve.

Le gaz arrive par un tuyau E dans le fond et sort de la partie supérieure par une colonne descendante prise dans une des parois et allant aboutir à une autre cuve par le tuyau D, et ainsi de suite, de manière à multiplier assez les passages pour que le gaz sorte propre de la dernière cuve; ce qu'on vérifie au moyen d'un papier humide imprégné d'une solution d'un sel de plomb; ce papier, sou-

---

Prusse; une tonne de chaux saturée peut en donner 15 kilog. et autant de sels d'ammoniaque. On emploie aussi quelquefois cette chaux dans les tanneries. Les sulfures qu'elle contient ramollissent les peaux. Mais le plus souvent on est forcé de s'en défaire soit par la calcination, soit par le dépôt dans un endroit éloigné de toute habitation, quoique après un repos assez long elle puisse être avantageusement employée en agriculture.

mis à un jet de gaz, ne doit pas noircir. La chaux se salit évidemment d'autant plus rapidement qu'elle se trouve plus rapprochée de l'arrivée du gaz sale, et comme il y a économie à ne la rejeter qu'autant qu'elle est complétement épuisée, il y a avantage dans le renouvellement de cette matière, à adopter une combinaison qui fasse arriver le gaz par la cuve qui contient la chaux ayant subi déjà le plus de passages et à le faire sortir par la cuve chargée la dernière. Une disposition ingénieuse pour arriver à ce résultat consiste dans le système dit *méthodique*. Il se compose généralement de quatre cuves avec un distributeur au centre. Les dimensions de ces cuves sont proportionnées à l'importance de l'usine, et si la quantité de gaz fabriquée exige une dimension trop considérable, on adopte deux ou plusieurs jeux de caisses semblables.

Chaque caisse ou cuve (*fig.* 19) est munie des tuyaux d'arrivée 1′ — 3′ — 5′ — 7′ et de départ 2′ — 4′ — 6′ — 8′ qui viennent tous aboutir en 1 — 2 — 3, etc., dans une bâche F centrale (distributeur) remplie d'eau sur une certaine hauteur ; cette bâche reçoit en plus un tuyau central *aa′* par lequel le gaz arrive de la condensation et un autre *bb′* servant d'issue au gaz épuré. Tous ces tuyaux se retournent verticalement de telle sorte que leur orifice émerge. Cette bâche est coiffée d'un couvercle portant des diaphragmes verticaux, indiqués à la figure par des traits noirs, et qui plongent dans le liquide de manière à former des joints hydrauliques.

On voit que le gaz arrivant par *a* ne trouve que l'orifice 1′, d'où il se rend dans la cuve A et en sort pour arriver de nouveau au distributeur par le tuyau 2 2′, d'où il passe dans le tuyau 3 3′ et la cuve B, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il arrive de la cuve C par le tuyau *bb′* dans le distributeur où il ne trouve que le tuyau *b* par lequel il se rend au gazomètre. La cuve D est ainsi en dehors du circuit et peut être déchargée de la vieille chaux et rechargée de

chaux neuve. L'épuration reste dans cet état jusqu'à ce que le papier d'acétate de plomb commence à indiquer une petite coloration sous un jet de gaz de la cuve C (*). A ce moment, on soulève le couvercle du distributeur assez pour que, la paroi extérieure plongeant toujours dans l'eau, les diaphragmes intérieurs soient plus élevés que les orifices des tuyaux, et on lui fait faire un quart de révolution. Le distributeur est alors dans la position indiquée à la *fig.* 20, et le gaz, arrivant en *a*, va successivement dans les cuves B et C, de moins en moins sales, et enfin dans D, la cuve qui vient d'être chargée de chaux neuve. La cuve A, la plus sale, se trouve en dehors du circuit, et les matières peuvent être renouvelées.

L'inconvénient de ce système est que l'eau du distributeur, en contact avec le gaz non épuré arrivant en *a*, dissout de l'acide sulfhydrique, lequel salit de nouveau le gaz qui pourrait sortir parfaitement épuré de la dernière cuve. On remédie en partie à cet inconvénient en renversant l'ordre de l'arrivée et du départ du gaz, c'est-à-dire qu'on le fait entrer dans la bâche par *b* et sortir par le tuyau central *a*. On adapte alors au couvercle du distributeur, suivant un rayon du cercle, un tuyau terminé par deux entonnoirs renversés, verticaux et disposés de telle sorte que l'un emboîte le tuyau *a* de sortie, et l'autre celui d'arrivée du gaz de la dernière cuve dans le distributeur. Ces tuyaux d'arrivée étant tous sur la circonférence d'un cercle ayant le point *a* pour centre, seront successivement coiffés, suivant la position du couvercle du distributeur, par le tuyau en ∩. On évite ainsi, en partie, le contact de l'eau et du gaz épuré. Il est peut-être plus prudent d'avoir, en dehors du système méthodique, une cinquième cuve dite

(*) A cet effet, les couvercles des cuves sont munis de robinets *b* (*fig.* 18) qui servent en même temps à permettre au gaz de s'échapper de la cuve lorsqu'on veut enlever le couvercle.

de sûreté, chargée de matière très-propre dans laquelle on fait passer le gaz au sortir du distributeur. Avec l'épuration à la chaux, on fait arriver généralement le gaz par le bas des cuves, afin que les condensations, s'il y en a, restent dans la cuve et ne salissent pas la chaux. On compte généralement un hectolitre de chaux vive pour épurer de 800 à 1.000 mètres cubes de gaz.

L'épuration au moyen de l'oxyde de fer hydraté donne naissance à un dépôt de soufre et à une formation de sulfure de fer. Dans quelques usines, on emploie de l'oxyde de fer naturel, et le résidu est utilisé dans les fabriques d'acide sulfurique. Mais comme la pression nécessaire pour faire passer le gaz au travers de cette matière épurante est considérable, on préfère généralement employer un mélange beaucoup plus poreux d'oxyde de fer et de grosse sciure de pin ou de sapin, appelé matière *Laming*, du nom de son inventeur et, par abréviation, dans les usines, *matière*. Pour l'obtenir, on mélange 1 mètre cube de cette sciure, à l'état sec, avec 300 à 400 kilog. de sulfate de fer du commerce, et l'on en fait un tas allongé, traversé par un tube perforé en fer permettant d'envoyer des jets de vapeur. Le sulfate de fer se dissout et imprègne la masse. On ajoute un demi-hectolitre de chaux éteinte par 100 kilog. de sulfate : le mélange s'échauffe, devient vert, noir, puis rouge; le sulfate de fer est passé à l'état de sesquioxyde, et une partie de la chaux est transformée en sulfate. La matière est alors bonne à employer. On la met généralement en vrac, dans les cuves d'épuration, sur $0^m,50$ à $0^m,60$ de hauteur au-dessus d'un plancher percé de trous et voisin du fond; on fait arriver le gaz par le haut, afin de pouvoir enlever facilement une certaine couche de matière, si le gaz déposait un peu de goudron ou d'eau ammoniacale. Comme avec la chaux, on fait passer successivement le gaz dans le nombre nécessaire de cuves pour que tout l'acide sulfhydrique soit absorbé. Lorsque la matière n'est plus épurante, elle con-

tient du soufre et du sulfure de fer hydraté; ce dernier a la propriété de se transformer, au contact de l'air, en soufre et oxyde de fer. Il en résulte que la même matière, retirée des cuves et revivifiée à l'air, peut être employé plusieurs fois. Cette révivification se fait en déposant en tas, sous un hangar, la matière retirée des cuves; elle est alors noire. Sa température s'élève peu à peu, lorsqu'on ne peut plus y tenir la main, on l'étend par couches de $0^m,15$ environ et l'on renouvelle la surface avec un râteau jusqu'à ce que toute la masse soit redevenue rouge; la matière ayant servi un certain nombre de fois épure mieux que la neuve.

Dans la matière Laming, d'après M. Knapp, le sulfate de chaux agit sur le carbonate d'ammoniaque qui peut exister dans le gaz pour former du carbonate de chaux et du sulfate d'ammoniaque; la chaux en se combinant avec les acides libres et les principes similaires (acide sulfurique, acide carbonique, cyanogène, etc.) introduit dans la masse une réaction alcaline ou tout au moins neutre, indispensable pour l'absorption, par l'oxyde, de l'acide sulfhydrique libre ou combiné à l'ammoniaque. Lorsque ensuite la matière est exposée à l'air, le sulfure de fer, d'après Schilling, absorbe l'oxygène de l'air, et se transforme en sesquioxyde de fer en déposant son soufre, le sulfate d'ammoniaque reste dans la matière. A chaque épuisement et révivification il se sépare en poids à peu près 0,6 de soufre pour 1 d'oxyde de fer contenu dans la matière.

La chaux en excès se transformant progressivement en carbonate de chaux, le procédé Laming n'absorbe l'acide carbonique, en partie, que lorsque la matière est à peu près neuve.

Le soufre, en se déposant, finit par envelopper l'oxyde de fer qui, d'ailleurs, est aussi absorbé par quelques composés secondaires, tandis que la sciure de bois passe à l'état de poussière peu perméable. Il arrive donc un moment où la matière doit être rejetée, mais ce n'est

qu'après cinquante ou soixante révivifications. Quoiqu'elle contienne alors environ 40 p. 100 du soufre, la présence du bois s'oppose à ce qu'on puisse employer ces résidus à la fabrication de l'acide sulfurique (*). Mais comme 1 mètre cube de matière peut épurer, avant d'être hors de service, le gaz fourni par 500 tonnes de houille, on comprend que l'enlèvement des résidus soit moins cher que celui de la chaux : aussi l'épuration par la matière qui, d'ailleurs, exige moins de pression que l'épuration par la chaux et absorbe l'oxygène qui pourrait se trouver mélangé au gaz, est-elle généralement employée dans les grandes villes, quoiqu'elle laisse subsister en partie l'acide carbonique qui n'aurait pas été dissous dans la condensation (et le lavage si l'on emploie des laveurs ou la sciure humide). On supplée alors à l'affaiblissement du pouvoir éclairant produit par ce mélange d'acide carbonique, en ajoutant dans la distillation un peu de cannel ou de boghead au charbon. La révivification de la matière laisse dégager une odeur peu agréable, mais beaucoup moins répugnante que celle de la chaux épuisée. Pour éviter cet inconvénient, on a cherché à révivifier la matière dans les cuves en y faisant passer un courant d'air au moyen de l'appel de la cheminée de l'usine; mais, si l'opération n'est pas conduite avec la plus grande prudence, la matière s'échauffe à un tel point qu'elle peut s'enflammer. Un passage d'air et de vapeur d'eau est moins dangereux. D'autres personnes mettent la matière dans un four analogue à un four à chaux et la font traverser par un mélange d'air et de vapeur d'eau.

La matière pouvant servir un grand nombre de fois, il y a un très-faible inconvénient à la retirer de la cuve pour la révivifier avant le moment où elle n'agit plus. Le

---

(*) La Compagnie parisienne en extrait du soufre en canon. Dans d'autres usines, après l'avoir lessivé pour en retirer les sels d'ammoniaque, on en extrait du bleu de Prusse.

système méthodique n'a plus alors la même importance qu'avec l'épuration à la chaux, et on se contente d'employer des cuves rangées en lignes et commandées par deux tuyaux, l'un d'arrivée et l'autre de sortie du gaz, sur lesquels sont branchées les diverses cuves. Une valve ou robinet-vanne, à chaque branchement (F et G, *fig.* 17), permet d'isoler la cuve dont on veut renouveler la matière, tandis que d'autres valves, convenablement distribuées, sur les tuyaux de distribution et d'évacuation, permettent de réunir les cuves en divers groupes distincts dans lesquels on fait passer successivement le gaz. Chaque groupe doit présenter une surface proportionnée au gaz à écouler, de manière à ne pas donner lieu à une pression trop considérable. On sait, en effet, que la pression croît rapidement avec la vitesse d'écoulement, et la Compagnie parisienne, au lieu de passages successifs, se contente d'un seul qui s'opère à la fois dans la totalité des cuves, puis d'un second dans une cuve dite de sûreté dont la matière est souvent renouvelée. Le cuves, quel que soit le mode d'épuration, sont généralement en fonte de même que la partie verticale du couvercle dont la calotte seule est en tôle, de manière à éviter le contact du fer avec les eaux ammoniacales et sulfurées qui le détruisent rapidement.

Ces couvercles, qui atteignent jusqu'à 10 mètres carré dans certaines usines, sont très-lourds; ils doivent être cependant maintenus sur les cuves par des mâchoires *d* (*fig.* 17), afin d'éviter qu'ils ne soient déplacés par la souspression des gaz; lorsqu'on doit renouveler les matières d'épuration, ils sont enlevés au moyen d'une grue; on les dépose sur la cuve voisine afin d'éviter tout accident si la chaîne ou l'arrêt de l'engrenage venait à se rompre. Ces grues (*fig.* 21) varient suivant les usines et l'emplacement dont on dispose. Elles peuvent être à cheval sur une rangée de cuves et rouler sur des rails situés de chaque côté de ces cuves; il y a ainsi deux grues, si le bâtiment contient deux

rangées de cuves. Quelquefois, pour ne pas encombrer le plancher, la grue roule à une certaine hauteur sur des rails soutenus par des corbeaux assujettis aux deux murs latéraux du bâtiment. On compte généralement que la surface de l'ensemble des cuves d'épuration doit être d'autant de fois 4 mètres carrés qu'on produit de 1.000 mètres cubes de gaz en vingt-quatre heures. Le bâtiment d'épuration et les hangars de révivification occupent environ une surface triple pour le premier et double pour les seconds de celle des cuves. La dépense d'établissement pour les grandes usines, bâtiments et hangars compris, peut être évaluée à 1.000 francs par mètre carré de cuves, soit 4.000 francs par 1.000 mètres cubes de gaz fabriqué par vingt-quatre heures. On fait tous les jours de nombreuses recherches pour améliorer l'épuration du gaz, mais elles semblent assez secondaires, car on est arrivé à épurer le gaz, sinon complétement, du moins d'une manière suffisante, moyennant un prix insignifiant. Ainsi à Paris on dépense 190.000 francs pour 160 millions de mètres cubes produits, soit un peu plus de 1/10 de centime par mètre cube. On ne peut donc espérer faire sensiblement mieux, à moins que des procédés nouveaux ne permettent de tirer un parti beaucoup plus avantageux des sous-produits.

Parmi les divers modes d'épuration que nous avons indiqués, lorsque le système n'est pas fixé par une circonstance locale permettant d'utiliser un sous-produit sans valeur, il y a dans le choix à faire, entre les diverses opérations, beaucoup d'appréciation personnelle. Le produit dont il faut se débarrasser, avant tout, est l'acide sulfhydrique; la base de l'épuration est donc la chaux ou le mélange Laming; ce dernier surtout, dans les grandes villes, ainsi que nous l'avons dit. Les autres éliminations sont moins importantes; en effet, l'ammoniaque n'est pas nuisible et reste d'ailleurs en très-petite quantité après la condensation; l'acide carbonique n'a d'autre effet que de

diminuer le pouvoir éclairant et d'augmenter faiblement le volume de celui qui est produit par la combustion du gaz; et enfin les cyanures et le sulfure de carbone sont en quantités trop inappréciables pour qu'on ait à redouter leur présence. Schilling démontre, en ce qui concerne le sulfure de carbone, qu'il faudrait 55.000 becs brûlant pendant 5 heures pour produire 1 mètre cube d'acide sulfureux.

A la Compagnie parisienne, après la condensation, le gaz passe dans un appareil Pelouze et Audouin, puis sur de la sciure de bois humide où il abandonne une grande partie de son acide carbonique et de ses produits ammoniacaux, enfin sur la matière Laming. Dans beaucoup d'usines de France et d'Angleterre, au sortir du condenseur, on lave d'abord le gaz avec de l'eau ammoniacale, puis on le fait passer sur la chaux ou la matière Laming. Dans un plus petit nombre, le lavage est fait dans une solution d'acide sulfurique, d'où le gaz passe sur la chaux ou le mélange Laming; mais si l'on emploie ce mélange, il est prudent de faire passer ensuite le gaz sur de la chaux afin d'enlever l'acide carbonique qui n'a pu, en présence de l'acide sulfurique, se fixer en formant du carbonate d'ammoniaque.

Enfin on peut encore, après la condensation faite, conduire le gaz dans des cuves remplies d'un mélange de sciure de bois et de sulfate de fer, puis sur de la chaux ou le mélange Laming; dans ce cas, comme dans le précédent, l'acide carbonique n'est pas absorbé si l'on n'emploie pas de chaux.

Dans quelques usines approvisionnées en charbon donnant des gaz légers, on est forcé, pour obtenir le pouvoir éclairant fixé par le cahier des charges, de se débarrasser des dernières traces d'acide carbonique; on fait alors passer le gaz, au sortir des cuves d'épuration, sur de l'ammoniaque.

Le degré de pureté du gaz d'éclairage est fixé d'une manière différente suivant les pays. En Angleterre, c'est par un bill du Parlement qui, jugé inexécutable, fut modifié une première fois. Ce bill indique le volume ou le poids

maximum d'impuretés que peut contenir le gaz. Il faut donc, à chaque vérification, faire une analyse quantitative qui exige l'intervention d'un chimiste expérimenté. Ce mode d'opérer est si peu pratique, qu'on fait actuellement (1877) une enquête nouvelle afin de tâcher d'arriver à une meilleure solution.

En France, les usines à gaz sont considérées comme établissements insalubres de 2ᵉ classe, et le décret du 28 février 1867 indique les conditions générales auxquelles elles doivent satisfaire. En ce qui concerne le pouvoir éclairant et le degré d'épuration du gaz, c'est le maire, chargé de la police municipale, qui doit les réglementer et qui les spécifie généralement dans le traité passé entre la compagnie concessionnaire de l'éclairage et la municipalité. A Paris la fabrication en grand du gaz d'éclairage a été étudiée par MM. Dumas et Regnault; ces deux illustres chimistes sont arrivés à cette conclusion, qu'avec les houilles approvisionnant le plus spécialement le marché de Paris, celles de Belgique, des départements du Nord et du Pas-de-Calais, on doit exiger un pouvoir éclairant déterminé, et que la purification est suffisante lorsqu'un courant de gaz ne noircit pas une bande sèche de papier préalablement imbibée d'une solution d'acétate neutre de plomb. Ces stipulations simples et précises, comme savent les formuler seulement les hommes éminents, ont été généralement insérées dans les traités d'éclairage par les municipalités des autres villes de France, qui peuvent ainsi surveiller la qualité du gaz, sans recourir à l'intervention d'un chimiste. Ces stipulations sont suffisantes, puisque l'intérêt d'une compagnie est d'avoir une bonne condensation qui empêche les dépôts et les obstructions des conduites; puisque la fixation du pouvoir éclairant assure l'absorption de l'acide carbonique et, par suite, de l'ammoniaque; puisque enfin l'épreuve au papier d'acétate de plomb indique l'absence d'acide sulfhydrique.

7° *Compteurs.* — En sortant de l'épuration, le gaz passe dans un compteur qui marque le nombre de mètres cubes fabriqués. Cet instrument ne sert en rien à la production du gaz, mais il donne un contrôle à peu près indispensable lorsqu'on veut se rendre compte de la marche régulière de l'usine et du rendement du charbon.

Du compteur, le gaz va s'emmagasiner dans les gazomètres. Les compteurs de fabrication, comme ceux de consommation placés chez les abonnés, sont des espèces de roues à augets de capacité déterminée ; le nombre de révolutions indique ainsi la quantité dépensée. Nous ne décrirons pas ces appareils, qui peuvent difficilement être représentés par un dessin, et que l'on ne comprend bien que lorsqu'on en a démonté un, ou mieux, après avoir vu fonctionner un modèle moitié verre, moitié métal.

8° *Gazomètres.* — Les gazomètres se composent d'une cuve cylindrique pleine d'eau, dans laquelle plonge une cloche ; un tuyau y amène le gaz, tandis qu'un autre sert à l'envoyer en ville. Une fabrication économique exige que les fours travaillent d'une manière régulière ; les gazomètres doivent donc être assez grands pour emmagasiner tout le gaz produit pendant les heures où le gaz est peu ou point consommé. En général, une capacité égale aux 2/3 de la production journalière maxima est suffisante. Le plus souvent les consommations maxima et minima en 24 heures, relativement à la consommation totale annuelle, varient de 5 à 7 p. 1.000 et 1 à 2 p. 1.000. Il est prudent d'avoir au moins deux gazomètres, car si l'on n'en avait qu'un seul, en cas d'accident le service deviendrait presque impossible.

Les cuves sont généralement en maçonnerie ; leurs dimensions et leur mode de construction dépendent du terrain dans lequel on se trouve et des matériaux dont on dispose. On les établit presque toujours en déblai. Elles doivent alors résister à la poussée du terrain qui s'exerce

du dehors au dedans lorsqu'elles sont vides, et à la pression de l'eau lorsqu'elles sont pleines.

Si l'on fait une cuve dans un sol humide, il y a peu à se préoccuper de sa résistance lorsqu'elle est pleine, l'eau extérieure faisant équilibre à l'eau intérieure; mais il n'en est pas de même lorsque la cuve est vide, ce qui arrive soit quand on construit la cloche, soit ensuite quand on fait des réparations; alors la sous-pression et les poussées latérales s'exercent du dehors au dedans sur le radier et le mur circulaire. Ce dernier, grâce à sa forme, résistera facilement et pourra être réduit à une faible épaisseur, surtout si l'on a de la terre glaise à sa disposition, de manière à former une corroi qui restera alors toujours humide et étanche; mais le radier, qui est plan ou en calotte renversée d'une faible flèche, est dans de mauvaises conditions pour résister, et devra être très-solidement construit.

Au contraire si le terrain est sec, le radier qui repose uniformément sur le sol n'a pas besoin d'être très-épais pour résister à la pression de l'eau contenue dans la cuve. Mais alors, le mur circulaire doit être assez fort pour résister à la poussée de cette eau qui tend à le renverser en dehors. On diminue la dimension de ce mur en utilisant la résistance du sol; soit qu'on ait, au moyen d'un blindage convenable, maintenu verticale la paroi de la fouille et bloqué la maçonnerie contre le déblai sans laisser le moindre vide, soit en faisant les déblais avec un certain fruit et en pilonnant du sable entre la maçonnerie et le sol naturel.

On a remarqué que lorsque le mur circulaire se fend sous la pression de l'eau contenue dans la cuve, la fissure commence toujours à la margelle pour aller en s'amincissant à mesure qu'elle s'enfonce. Il est donc naturel de lui donner une épaisseur uniforme de bas en haut et d'ajouter des cercles en fer vers le sommet. Autrefois on donnait au contraire une forte épaisseur à la base du mur, qui se ré-

trécissait par des retraites successives jusqu'à la margelle, et cela dans le but de faire équilibre à la pression de l'eau qui va en croissant de la surface au fond. Généralement les cuves sont en maçonnerie; mais lorsque le terrain est très-mauvais ou que la place est très-restreinte, on trouve quelquefois avantage à faire la citerne en fonte ou en tôle; nous croyons que dans ce dernier cas on n'a pas dépassé le diamètre de 30 mètres, tandis qu'il existe des cuves en maçonnerie de plus de 60 mètres de diamètre.

La cloche est en tôle rivée, formée d'une calotte réunie par un fer cornière à la robe, c'est-à-dire à la partie cylindrique verticale. L'épaisseur des tôles varie suivant le diamètre de la cloche et la position qu'elles occupent; voici les épaisseurs généralement employées en France :

CAPACITÉ des cloches.	ROBE.		CALOTTE.	
	Rangs du haut et du bas.	Rangs intermédiaires.	Anneau extrême et disque central.	Couronnes intermédiaires.
mètres cubes.	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
Jusqu'à 25 . . .	2	1 1/2	2	1 1/1
De 25 à 100. . .	2 1/4	1 3/4	2 1/4	1 3/4
De 100 à 300. . .	2 1/2	2	2 1/2	2
De 200 à 350. . .	2 3/4	2 1/4	2 3/4	2 1/4
De 350 à 500. . .	3	2 1/2	3	2 1/2
De 500 à 1.000. . .	3 1/2	2 3/4	3 1/2	2 3/4
De 1.000 à 2.000. . .	4	3	4	3
De 2.000 à 5.000. . .	5 1/2	4	5 1/2	4
De 5.000 à 10.000. . .	7	5	7	5

La cloche doit être rigide afin qu'elle ne se déforme pas sous la pression des galets dont nous parlerons. Vers le haut la cornière et la calotte lui donnent naturellement toute la résistance désirable; mais vers le bas, il est bon de donner de la rigidité au moyen d'une cornière pour les petites cloches, et d'une armature horizontale en tôle ou en trellis de fer d'une épaisseur en rapport avec le diamètre pour les grandes cloches. Afin d'éviter que la calotte ne se retourne et ne se déchire lorsqu'on vide le gazomètre, on

la soutient au moyen d'une charpente en bois s'appuyant sur le radier, ou bien on l'arme de manière à en former une espèce de toiture indéformable. La cloche repose à sa base sur un certain nombre de dés formant une saillie de quelques centimètres sur le radier. Il est plus facile de mettre de niveau un certain nombre de points qu'une surface étendue, et l'on risque moins de déformer la cloche lorsqu'un corps étranger tombe dans la cuve et se dépose sur un point de son périmètre. La cloche, lorsqu'elle s'élève en s'emplissant et s'abaisse en se vidant, se renverserait si elle n'était pas maintenue dans une position parfaitement verticale. On arrive à ce résultat au moyen d'un nombre suffisant de galets à axe de rotation horizontal, placés régulièrement à la base de la cuve et vers son arête supérieure, et qui roulent sur des guides. Les galets ont leur axe soit parallèle à la tangente au cercle et sont dits alors normaux, soit dans le sens des rayons de la cuve et sont appelés tangentiels. Dans le premier cas un seul suffit pour chaque guide; dans le second il en faut un roulant entre deux lames verticales parallèles, ou bien deux qui embrassent une lame verticale. On laisse un jeu de $0^m,02$ à $0^m,03$ afin de parer aux imperfections de la construction. Le système des galets inférieurs, roulant dans la cuve, qui offre une grande résistance, semble assez indifférent. Si l'on en emploie de normaux, ils roulent sur une bande de fer encastrée verticalement dans la maçonnerie et se raccordant avec l'enduit. Si l'on choisit le système tangentiel, ils embrassent l'aile d'un fer à T scellé sur la maçonnerie. Ces galets trouvent facilement leur place dans la zone annulaire d'environ $0^m,40$ à $0^m,50$ de largeur, qu'on laisse entre la maçonnerie et la cloche, dans le but de pouvoir descendre le long de celle-ci quand besoin est. Dans la partie au-dessus de la cuve, les lames verticales servant de guides sont maintenues quelquefois par des piliers en briques ou en pierres de taille, le plus souvent par une charpente mé-

tallique. Si les galets sont normaux, ils ont une gorge qui embrasse le guide : ce sont de véritables poulies.

Comme ces piliers ou ces charpentes sont loin d'opposer à un effort transversal une masse résistante comparable à celle de la cuve, au lieu d'employer des poulies normales qui reportent toute la pression sur un seul montant, il vaut mieux répartir les efforts et adopter les galets tangentiels. Deux montants formant l'extrémité d'un même diamètre s'opposent alors aux déplacements latéraux de la cloche, qui est quelquefois soumise à une force considérable; en effet, une tempête développe une pression qui peut être évaluée à 125 kilog. par mètre carré du maître couple de la cloche.

Ces questions de fondation, d'épaisseur des maçonneries des citernes, de construction des cloches, de disposition et calcul de résistance des guides, sont très-complexes et donnent lieu à des problèmes très-intéressants.

Lorsque par suite de l'insuffisance du terrain dont on dispose, et d'une impossibilité de donner à la cuve une grande profondeur, on ne peut faire des gazomètres ordinaires d'un volume en rapport avec la production de l'usine, on a recours aux cloches télescopiques. Ces cloches, comme l'indique leur nom, sont formées de deux parties rentrant l'une dans l'autre. L'une, qui porte la calotte, est une cloche ordinaire à la base de laquelle est rivée une gorge ou gouttière extérieure. L'autre partie est un cylindre d'un diamètre un peu plus grand. Il porte à son bord supérieur une gouttière renversée intérieure. Ces deux cylindres ont une hauteur un peu moindre que celle de la cuve. Lorsqu'on introduit le gaz, la cloche intérieure s'élève et, au moment où son bord inférieur va émerger, sa gorge accroche celle du cylindre extérieur et l'entraîne. On obtient ainsi, avec une cuve égale, un récipient de gaz d'un volume presque double. Pour que le gaz ne s'échappe pas lorsque les deux parties de la cloche sont accrochées, les

gorges doivent être assez profondes pour former une garde d'eau suffisante. Le minimum qu'on leur donne est 2 fois la hauteur d'eau mesurant la pression du gaz dans la cloche. La largeur de chaque gorge est au moins de 0m,20, ce qui donne un écartement de 0m,30 entre les deux parties concentriques de la cloche. Le guidage doit être fait avec soin, afin que les deux gouttières s'accrochent, lorsque la base de la cloche intérieure est sur le point d'émerger de la cuve. Cette cloche est guidée comme une cloche ordinaire, à la différence que les galets inférieurs, au lieu de rouler sur la cuve, roulent sur l'enveloppe extérieure qui elle-même est guidée haut en bas.

Comme nous l'avons dit, dans les petites usines où l'on ne veut pas développer une trop forte pression dans les cornues, on allége souvent le poids de la cloche par des contre-poids, de manière à réduire leur pression aux 4 ou 5 centimètres de hauteur d'eau nécessaire pour envoyer le gaz en ville.

Le système des contre-poids est inapplicable aux grandes cloches qui, d'ailleurs, sont moins lourdes par mètre carré de projection horizontale que les petites, et qui appartiennent à de grandes usines où les extracteurs annulent la pression sur les cornues.

On emploie deux procédés pour introduire le gaz sous la cloche et l'en faire sortir. Dans l'un, le tuyau d'arrivée et celui de départ descendent verticalement dans un puits étanche latéral à la cuve et un peu plus profond qu'elle, se retournent à angle droit et traversent la maçonnerie où ils sont scellés, rampent sur le radier de manière à passer au-dessous du bord inférieur de la cloche et se relèvent verticalement pour sortir au-dessus du niveau de l'eau sous la calotte.

Les pentes sont disposées de telle sorte que le point bas des tuyaux soit dans le puits; les condensations viennent s'y réunir et sont enlevées au moyen de siphons et de

pompes. On peut facilement visiter et réparer les tuyaux dans le puits qui est étanche et sans eau ; mais il n'en est pas de même dans la maçonnerie et sous la cloche, quoiqu'on ait soin d'établir dans la calotte un trou d'homme au-dessus des tuyaux ; les obstructions sont très-difficiles à enlever, et si un tuyau se rompt dans la cuve ou dans la maçonnerie, il faut interrompre le fonctionnement du gazomètre pendant toute la durée d'une réparation longue et délicate.

L'autre système, inventé depuis longtemps par M. Pauwels, n'est appliqué communément que depuis quelques années ; il consiste à adapter, symétriquement sur la calotte de la cloche, les tuyaux d'arrivée et de sortie qui ont trois articulations de manière à pouvoir suivre les mouvements de la cloche. Ce procédé, dans lequel toutes les parties sont visibles, semble préférable.

Pour les gazomètres comme pour tous les autres appareils que traverse le gaz entre le barillet et le tuyau de distribution en ville, on doit avoir soin de joindre le tuyau d'arrivée à celui de sortie par un troisième qui, à l'aide d'un jeu de valves, permette de faire passer le gaz directement d'un tuyau à l'autre, en isolant l'appareil, que l'on peut ainsi vérifier et réparer sans arrêter la marche de l'usine.

Un gazomètre, cuve et cloche comprises, coûte de 25 à 50 francs par mètre de capacité, suivant les facilités de construction et surtout suivant qu'ils sont plus ou moins grands.

9° *Distribution du gaz.* — La pression du gaz dans les conduites n'a pas besoin d'être la même à chaque instant. Une pression de 2 à 3 centimètres suffit généralement pendant le jour, où la consommation est minime ; pendant la soirée, surtout au moment de l'allumage, une tension plus considérable est nécessaire en ville. Comme on doit y ajouter la perte de charge en route qui croît avec la consom-

mation, on voit qu'il est nécessaire d'émettre à ce moment le gaz sous une charge qui varie généralement de 6 à 10 centimètres suivant les localités.

Si l'on voulait régler l'émission par la plus ou moins grande ouverture des valves du tuyau de sortie de l'usine, on produirait dans les conduites des changements brusques de pression qui feraient osciller les flammes, et il serait même impossible de suivre toutes les modifications qui se présentent à chaque moment dans la dépense. On arrive à un résultat bien meilleur en émettant le gaz au moyen d'un régulateur analogue à ceux dont nous avons déjà parlé, *fig.* 18.

Quand la consommation augmente ou diminue, la pression dans le tuyau de départ à la sortie du régulateur diminue ou augmente; la cloche, et par suite le cône, s'abaisse ou monte et ouvre un passage plus ou moins grand au gaz. On conçoit qu'il serait préférable que la cloche fût mue par le gaz amené par un tuyau de retour partant du centre de la ville et donnant la pression au point où la consommation s'effectue; mais cette combinaison est souvent coûteuse et on se contente de guider l'appareil par le gaz sortant de l'usine. On charge alors plus ou moins la cloche du régulateur aux diverses heures de la soirée, suivant une règle déduite en chaque localité de l'expérience fournie par la comparaison des pressions à l'usine et en divers points de la ville. Celles-ci sont données d'une manière graphique par un appareil appelé indicateur de pression. Il consiste dans un tambour à axe vertical accomplissant, d'un mouvement régulier, une révolution en 24 heures. Ce tambour (Pl. 12, *fig.* 23) est recouvert d'une feuille de papier divisée par des traits verticaux indiquant les 24 heures de la journée, et par d'autres horizontaux correspondant aux pressions mesurées en centimètres d'eau. Un crayon (*fig.* 24) maintenu par un ressort en contact avec le papier, et solidaire avec la cloche d'un petit gazomètre en communication avec

la conduite au point où l'on veut avoir les variations de la pression, s'élève ou s'abaisse proportionnellement à cette pression et trace sur le papier une courbe qui indique, à chaque instant de la journée, la tension du gaz dans la conduite. La *fig.* 22 représente l'ensemble de l'appareil.

Si, pour faciliter la condensation, on fait circuler le gaz dans l'usine avec une faible vitesse de 1 à 2 mètres par seconde et en ayant égard à ce que le gaz occupe en sortant des cornues un volume à peu près double de celui qu'il a après la condensation, il y a avantage à lui donner en ville une vitesse assez grande, 5 à 6 mètres par seconde, tant que cette vitesse ne produit pas des pertes de charge trop considérables. La canalisation coûte moins cher, et le gaz, circulant rapidement (*), laisse moins déposer dans les conduites les hydrocarbures qui lui donnent son pouvoir éclairant. Mais comme malgré toutes les condensations et épurations obtenues à l'usine, le gaz abandonne, dans les conduites du goudron, des eaux ammoniacales et de la naphtaline, il est nécessaire de poser les conduites avec des pentes et contre-pentes et de placer aux points bas des siphons par lesquels s'écoulent de la conduite les liquides qui, sans cela, arriveraient à l'obstruer. On n'a plus alors à redouter que les dépôts cristallisés de naphtaline, dont la formation tient à des causes restées inconnues jusqu'à présent. On a cru cependant remarquer qu'un échauffement du gaz après la condensation peut les déterminer. Pour s'en débarrasser lorsqu'ils se sont produits, on les dissout au moyen d'eau qu'on injecte par un point haut de la canalisation et qu'on recueille dans le point bas.

Outre les siphons et les regards, les conduites maîtresses sont munies de place en place de valves sèches ou

---

(*) A Paris, dans les soirées d'hiver, le gaz de l'ensemble des conduites est renouvelé, par suite de la consommation, trois fois par heure.

hydrauliques de manière à pouvoir, en cas de réparations, isoler un tuyau. Chaque conduite secondaire et chaque branchement sont commandés par une valve ou un robinet.

Les tuyaux de canalisation sont en fonte dans l'usine, généralement en fonte ou en tôle plombée (système Chameroi) dans les rues, et en plomb pour la prise des lanternes publiques et des particuliers.

Les tuyaux en fonte sont réunis à emboîtement et cordon ou au moyen de bagues. Avec l'emboîtement et cordon, le joint peut être coulé en plomb comme dans les tuyaux généralement employés pour la distribution des eaux, ou garni d'une rondelle en caoutchouc (système Petit, système Lavril), ou enfin être tout simplement ajusté à frottement; les bouts sont alors tournés et s'emboîtent comme les tuyaux Chameroi. Avec le système à manchon, le joint peut être coulé en plomb, ou bien être formé d'une bande de caoutchouc (système Delpervanche).

Les conduites Chameroi sont, comme on le sait, emboîtées bout à bout à frottement. Une ou deux rainures circulaires, faites dans le bout mâle, sont remplies avec de la corde imprégnée de suif, qui concourt à rendre le joint étanche. Les bouts mâle et femelle sont formés d'un alliage et sont passés au tour. Les tuyaux Chameroi sont plus étanches que ceux en fonte ; aussi la Compagnie parisienne les emploie-t-elle presque exclusivement quoiqu'ils aient une durée moins longue.

Pour calculer les dimensions des conduites, on doit tenir compte de la différence de niveau entre l'usine et les points de consommation, ainsi que de la perte de charge due au frottement du gaz dans les conduites. On admet que le gaz a une densité moyenne de 0,41 et que sa pression, mesurée en eau, croît entre deux points donnés de 0,8 de millimètre par mètre d'augmentation d'altitude. D'un autre côté, les pertes de charge, d'après les expériences faites par la Compagnie parisienne, varient dans de trop grandes limites,

suivant la vitesse d'écoulement, pour qu'on puisse admettre, comme dans la distribution des eaux, que le diamètre, la longueur de la conduite, la perte de charge et le volume écoulé par unité de temps, soient liés par une formule qui ne varie, suivant les divers cas, que par un coefficient dépendant uniquement de la nature de la matière dont sont formés les tuyaux. La Compagnie parisienne a dressé des tables qui ont été reproduites dans l'*Aide-mémoire* de Claudel.

On voit que lorsqu'une ville présente de grandes différences de niveau, il convient d'avoir un tuyau spécial pour chaque quartier, et d'émettre le gaz dans chacun d'eux avec une pression convenable. Cependant si l'on trouve d'abord les quartiers bas, on peut n'avoir qu'une seule canalisation ; mais alors il est prudent de poser des régulateurs de pression entre les quartiers bas et les quartiers hauts, afin d'empêcher le gaz d'avoir une tension trop considérable dans les points élevés. On ne doit pas oublier que les fuites croissent avec les pressions et qu'ainsi il est fâcheux d'avoir de jour plus de 2 centimètres de pression mesurée en eau, et 5 à 6 pendant le fort de l'éclairage.

Lorsqu'une canalisation ne perd que 10 p. 100 du gaz produit on considère qu'on est dans de bonnes conditions. On trouve quelquefois jusqu'à 30 et 40 p. 100 de pertes ; mais il est juste de remarquer que le gaz qu'on donne presque toujours en trop aux lanternes publiques (qui n'ont pas de compteur) figure dans ce chiffre.

Pour les tuyaux en plomb, quoique la longueur du branchement et l'élévation des divers appartements au-dessus du niveau de la rue aient une influence importante, on se contente souvent de la règle pratique résumée dans le tableau suivant :

De 1 à 5 becs.........	$0^m,018$
De 6 à 15 —	$0^m,025$
De 16 à 25 —	$0^m,031$

De 26 à 40 becs.	0^{m},037
De 41 à 100 —	0^{m},050
De 101 à 150 —	0^{m},062
De 151 à 200 —	0^{m}.075

C'est jusqu'à 100 becs sensiblement le centième de la racine cubique du nombre de becs; il sera prudent de prendre le diamètre, usité dans le commerce, immédiatement supérieur au chiffre trouvé, et de ne pas admettre de tuyaux dont le diamètre serait inférieur à 18 millimètres.

Dans les grandes villes on a la coutume de commander le branchement de l'abonné par un robinet placé à *l'extérieur* de la façade, dit robinet à coffret, de manière à pouvoir arrêter le gaz sans entrer dans la maison. Ce robinet est fermé d'office en cas d'incendie.

Pour les lanternes publiques, le gaz se rend directement de la conduite au brûleur au moyen d'un branchement. La dépense est réglée par un robinet placé le plus près possible des brûleurs (afin d'empêcher, par la chaleur, les dépôts de naphtaline qui se font souvent dans les robinets), et dont le degré d'ouverture est réglé de manière à donner à la flamme la dimension correspondant au débit réglementaire; ce robinet n'est ouvert que pendant le nombre d'heures fixé chaque jour, suivant la durée de la nuit.

Dans les maisons, la dépense est accusée par des compteurs et les habitants sont libres d'user du gaz quand et comment ils le veulent. Nous avons dit que le compteur est un instrument qu'il est difficile de représenter par une figure; nous nous abstenons donc de le décrire.

10° *Brûleurs.* — Le choix du brûleur et la fixation de la dépense du gaz par chaque brûleur sont choses importantes; car il ne faut pas croire que tout appareil utilise bien le gaz, et même que la lumière produite soit proportionnelle à la dépense pour le même appareil. En général, pour que

le gaz donne un résultat satisfaisant, il faut qu'il ne brûle que sous une pression mesurée par 2 millimètres d'eau environ.

Les becs sont en général de trois formes : 1° à trous, soit isolés (bec bougie), soit réunis en couronne avec double courant d'air (bec Bengel) ; 2° à fente (bec papillon) ; 3° à deux trous, dont les jets arrivent l'un sur l'autre à angle droit et forment un papillon (bec Manchester). Ce dernier exige une assez forte pression et donne une mauvaise utilisation.

Si nous prenons les becs à fente et que l'on compare la lumière produite à celle d'une lampe Carcel, dont le bec a 13 millimètres, 5 de diamètre et use 42 grammes d'huile de colza à l'heure, on trouve qu'une consommation de 100 litres de gaz par heure donne, avec un bec de $0^{mil},25$ de largeur de fente, une flamme équivalant à 0,20 de Carcel et avec une fente de $0^{mil},60$ à 0,63 de Carcel. Dans ce même bec dont la fente a une longueur de 6 dixièmes de millimètre, si l'on brûle à l'heure 140 litres, on obtient 1,10 de Carcel et 2,12 pour 200 litres. Si l'on divise l'intensité de la lumière par la dépense correspondante, donnée par une même fente, on trouve que la proportion de lumière fournie est, par 100 litres de gaz, de 0,63 à 0,78 et de 1,06 de Carcel.

On voit donc que le gaz est mieux utilisé en grosses flammes qu'en petites, et par certaines largeurs de fentes que par d'autres.

Un bec Bengel à 30 trous, brûlant 105 litres à l'heure, donne le pouvoir éclairant d'une Carcel, tandis qu'un bec brûlant 200 litres produira un éclairage relativement plus fort. D'un autre côté, il ne faut pas tomber dans un excès contraire, en diminuant trop le nombre des brûleurs ; on doit se rappeler que la lumière décroît en raison du carré des distances.

A Paris, les becs employés sur la voie publique ont des

fentes de $0^{mil},6$ et dépensent 140 litres à l'heure ; ils sont espacés au maximum de 30 mètres. La flamme présente à peu près une demi-ellipse de $0^{m},06$ de hauteur sur $0^{m},07$ de largeur, ou encore une flamme dont le produit de la largeur par la hauteur donne 42 centimètres carrés.

Il vaudrait peut-être mieux espacer un peu plus les lanternes et avoir des brûleurs de 200 litres.

A Vienne (Autriche), les becs ont une fente un peu plus étroite et produisent une flamme presque circulaire. Au laboratoire ils utilisent le gaz aussi bien que le bec de Paris ; mais comme le gaz brûle sous une plus forte pression, la flamme est plus fixe, ce qui est un avantage par le vent qui pénètre toujours plus ou moins dans les lanternes.

Comme la pression varie pendant les diverses heures de la soirée, il en résulte que les becs de l'éclairage public ont une consommation très-variable et presque toujours au désavantage des compagnies. On cherche dans quelques villes à rendre cette consommation uniforme au moyen de petits régulateurs placés sur la chandelle même. Il y a certainement régularisation dans de certaines limites ; mais l'expérience n'a pas encore prononcé suffisamment sur le degré d'exactitude de ces appareils et sur les soins qu'ils exigent.

CHAPITRE III.

PRIX DE REVIENT DU GAZ.

11° *Dépenses de construction des usines et de canalisation.* — Nous avons vu d'une manière générale que le prix de revient du gaz d'éclairage dépend d'éléments divers qui varient d'une localité à une autre. Cherchons maintenant,

par quelques exemples, à indiquer en chiffres l'influence de ces éléments; voyons d'abord quel est le capital engagé. Souvent les usines ont passé par plusieurs mains et il est généralement impossible de connaître leur prix de revient; voici cependant quelques exemples qui pourront fixer les idées. La Compagnie parisienne qui, à elle seule, produit autant de gaz que toutes les usines du reste de la France, avait, en 1861, son capital de 84 millions de francs, elle produisait 79.600.000 mètres cubes de gaz par an; c'est donc un capital d'un peu plus de 1 fr. par mètre cube produit par an. En 1874, le capital s'élevait à 146.700.000 fr., le volume du gaz fabriqué dans l'année à 160.850.000 mètres, ce n'est plus qu'une valeur d'un peu plus de 0m,90 par mètre cube. Cet abaissement relatif du prix de revient tient à ce que l'industrie ayant fait des progrès, les appareils sont mieux utilisés, mais surtout à ce que la constitution d'une société entraîne à des frais considérables d'enregistrement, d'actes, de pertes d'intérêt d'argent, et d'avantages faits aux fondateurs qui exigent la rémunération de leurs soins. Ces frais ne se renouvellent pas, lorsque les usines se développent. Dans ces prix la Compagnie parisienne estime que les usines proprement dites entrent pour 0f,50. Nous croyons qu'il est prudent de porter ce chiffre à 0f,60 pour tenir compte des frais d'ingénieurs et des pertes d'intérêt d'argent qui, à la Compagnie parisienne, passent dans les frais généraux, ainsi que des ateliers secondaires où l'on traite les produits chimiques, et enfin de ce qu'une usine, en prévision des consommations fortuites et extraordinaires de gaz comme des accidents possibles, doit avoir une puissance de production supérieure aux plus grands besoins de l'année qui correspondent généralement aux nuits avoisinant le jour de l'an. Si des usines de premier ordre nous passons à celles du second, nous voyons d'après M. d'Hurcourt que la Compagnie l'Union avait, en 1860, dépensé dans l'ensemble de ses

usines 13.500.000 francs pour une production annuelle de 9.300.000 mètres, soit près de 1f,50 par mètre cube; ce prix est élevé, car cette compagnie dessert des villes assez importantes, mais situées à l'étranger; il est à supposer qu'elle aura acheté trop cher certaines usines ou éprouvé des accidents dans ses constructions. D'après le même auteur, la Compagnie de Genève avait dépensé pour son usine, en 1859, 1.435.000 francs pour une production de 1.457.000 mètres cubes, soit à peu près 0f,95. C'est un très-beau résultat pour une usine d'importance secondaire; il faut sans doute l'attribuer à un faible développement de canalisation.

Après les usines établies dans des villes de second ordre, passons à celles des petites villes; nous en trouvons une fabriquant 290.000 mètres cubes, et ayant coûté de construction ou canalisation 350.000 francs, ce qui représente une dépense de 1f,20 par mètre cube; puis deux autres d'égale puissance à peu près, l'une produisant 164.000 mètres cubes de gaz, l'autre 139.000 mètres cubes ayant coûté de construction ou canalisation, la première (terrain non compris) 220.000 francs, l'autre 230.000 fr., ce qui représente un prix de revient de 1f,35 et 1f,65.

Nous croyons donc qu'il est prudent de compter qu'une usine à gaz, y compris la canalisation, la perte d'intérêt d'argent pendant la construction et tous les frais accessoires, représente, lorsque la consommation est supérieure à 2 millions de mètres cubes par an, une dépense de 0f,90 et 1 franc par mètre cube fabriqué par an et que cette dépense s'élève de 1 franc à 1f,20 entre 1 million et 2 millions, de 1f,20 à 1f,40 entre 500.000 et 1 million de mètres, et de 1f,40 à 1f,60 au-dessous. Ces chiffres varient suivant que la population est plus ou moins condensée, la canalisation étant évidemment plus importante à égalité de consommation dans une ville occupant une grande surface que dans une autre resserrée entre d'étroites limites.

12° *Dépenses de fabrication.* — Si de la valeur des usines nous passons à la fabrication, nous verrons, par le tableau ci-dessous se rapportant à l'exercice 1874 (*), sauf pour le n° 12, l'influence qu'ont, sur le prix de revient du gaz, la qualité du charbon et du coke, la valeur de ce dernier, l'importance de l'usine et aussi de la manière dont elle est dirigée.

(*) Cet exercice correspond à l'année qui a précédé celle de la rédaction de ce mémoire dont la publication a été retardée par suite de maladies. Il est utile de prévenir le lecteur que 1874 est une année de cherté de charbon.

	USINE N° 1.	2	3
	francs.	francs.	francs.
Charbon distillé (octroi compris)	574.000	142.500	17.500
Chauffage des fours	160.000	30.800	19.200
Entretien général	39.500	16.600	5.800
Épuration	3.000	2.000	300
Main-d'œuvre	98.500	27.100	7.900
Frais divers de fabrication	10.000	3.000	700
Frais généraux	78.500	20.200	9.600
Total	963.500	242.200	91.000
Valeur des sous-produits (coke, sels d'ammoniaque, goudron, etc., etc.	468.500	92.500	34.400
Reste	495.000	149.700	56.600
Gaz produit en mètres cubes	4.467.000	955.000	330.500
Gaz vendu en mètres cubes	3.826.000	738.900	262.900
Dont p. 100 de gaz public	25,5	28,5	39
Prix du mètre cube de gaz. à l'usine	0,107	0,156	0,17
Prix du mètre cube de gaz. au brûleur	0,13	0,20	0,21
Rendement en mètres cubes de gaz. à l'usine	285	253	279
Rendement en mètres cubes de gaz. au brûleur	238	199	235
Perte p. 100 du gaz fabriqué	16,5	21,5	16
Prix moyen du charbon. la tonne.	35,02	37,81	40,23
Prix moyen du coke. l'hectolitre.	1.63	1.56	1,56
Rendement en hectolitres de coke, d'une tonne de charbon	16,36	15,74	16,65
Proportion pour $1/10$ de coke brûlé	34	37,5	56

Les n°s 1, 2 et 3 sont alimentés par un mélange de charbon de l'Aveyron et de Carmaux auquel on ajoute un peu de charbon anglais ; le charbon de l'Aveyron donne de bon gaz et de très-mauvais coke ; le Carmaux du coke passable et du gaz médiocre ; l'Anglais produit du bon gaz en plus grande quantité et du coke de très-bonne qualité dont on réserve une certaine partie pour le chauffage des fours qui sans lui n'arriverait pas à une température assez élevée.

Les usines 4, 5, 6, 7 sont alimentées avec un mélange de charbon de Saint-Éloi (bassin de Commentry) et de charbon du Pas-de-Calais ; le premier donne d'assez bon

5	6	7	8	9	10	11	12
…s.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
…300	33.100	13.600	154.200	501.500	31.907,85	18.472.000	9.897.969
…500	16.400	7.600	31.000	152.000	14.358,60	2.798.000	1.629.914
…400	5.400	2.000	9.900	23.000	4.159,08	1.449.000	264.217
…00	1.200	800	900	15.000	7.357,15	191.000	631.685
[illegible]	9 300	5.600		132.000		2.055.000	1.090.985
[illegible]	Portés à l'épuration.		71.800	80.500	592,85	836.000	Portés à l'épuration.
…700	6.200	3.200			12.466,02	3.055.000	1.271.917
…300	71.500	32.800	267.800	903.500	70.841,50	28.836.000	15.776.687
…300	32.300	11.000	133.000	486.500	31.186,25	19.018.000	6.400.830
…300	48.200	21.800	134.800	417.000	39.655,25	9.818.000	9.375.857
…500	297.700	119.100	1.195.000	4.053.000	3.703,60	160.852.000	84.186.000
…000	242.600	87.800	894.000	3.249.000	3.394,52	146.812.000	72.038.000
[illegible]	31	40	27	18,2	23,5	17,5	23,0
…244	0,164	0,184	0,113	0,103	0,107	0,062	0,112
…188	0,20	0,25	0,151	0,128	0,1167	0,067	0,13
…22	305	264	300	284	238	291	248
…21	248	105	226	228	212	266	205
…3	18	26	25	19,5	9,1	8,615	14,5
…06	33,86	30,24	37,2	35,0	20,0	34	28,7
…18	1,63	1,27	1,80	1,85	1,0	1,5	»
…,3	19,0	17,21	15,6	16,2	18,0	18	18
…7	49	72	33	35	49	21	30

gaz, du coke assez bon, mais très-mélangé de schiste ; le second beaucoup de gaz et de coke. L'usine n° 8 distille du charbon de Commentry produisant de bon gaz, du coke assez bon, léger et apprécié du public, mais ne chauffant pas assez pour produire une très-haute température dans les fours. L'usine n° 9 est approvisionnée exclusivement en charbon Anglais donnant de bon gaz et de bon coke, celle du n° 10 est dans le Nord près des charbonnages de Mons et des départements du Pas-de-Calais et du Nord, mais évidemment elle emploie du charbon extrait dans son voisinage immédiat d'une fosse qui ne donne pas de charbon à gaz

cher et que chaque compagnie gagne peu. En France on n'admet généralement qu'une compagnie par ville, ou s'il y en a plusieurs, on fixe à chacune un périmètre distinct. Les villes assurent aussi à la compagnie, pour un certain nombre d'années, le privilége de poser les tuyaux sous la voie publique. En retour, le prix de vente n'étant plus réglé par la concurrence, la municipalité sauvegarde ses intérêts et ceux de ses administrés en stipulant que le prix ne dépassera pas un maximum fixé.

Outre certaines clauses concernant la réfection du sol, le prix et la qualité du gaz (épuration, pouvoir éclairant), les villes imposent en leur faveur quelques avantages qui sont très-variables suivant la localité. On trouve toutes les combinaisons, depuis la simple fixation de la qualité et du prix maximum du gaz pendant la durée de la concession, jusqu'à l'abandon immédiat à la ville de l'usine, de la canalisation faite et à faire, des candélabres de l'éclairage public posés et à poser. La compagnie qui a fait toutes les dépenses n'est alors qu'usufruitière pendant la durée de la concession; elle doit en plus fournir le gaz gratis ou à des prix bien au-dessous du prix de revient et en quantité illimitée pour l'éclairage public ou déclaré tel suivant la fantaisie du maire, et vendre aux particuliers le gaz au-dessous d'un prix maximum fixé. Pour discuter sainement les diverses clauses qui peuvent se présenter, il faut bien se convaincre d'une chose, c'est qu'un industriel ou une compagnie sérieuse n'accepteront que des conditions qui leur présenteront la probabilité d'une équitable rémunération du capital dépensé et des soins qu'ils donneront à l'affaire. Ils calculeront que si l'on suppose un amortissement au taux de 5 p. 100, il leur faudra mettre de côté chaque année $0^f,47$, $1^f,50$, $4^f,60$ par chaque 100 francs de capital disparu en fin de concession, suivant que celle-ci sera de 50 ans, 30 ans ou 15 ans. Ils voudront également trouver un intérêt de 10 p. 100 de leur capital : 5 p. 100

d'intérêt ordinaire et 5 p. 100 pour leurs soins, l'impôt sur le revenu, les chances de pertes dans une industrie présentant autant d'incertitude. (Une seule explosion dans une maison a coûté à une compagnie plus de 1.200.000 francs.) Comme le capital d'établissement d'une usine est perdu pour la compagnie en fin de concession si l'usine doit devenir gratuitement la propriété de la ville, représente seulement la valeur des terrains et des matériaux à démolir si l'usine reste la propriété de la compagnie, et enfin n'a qu'une valeur assez aléatoire en cas de rachat à dire d'experts par la municipalité, on doit toujours prévoir l'amortissement d'une somme importante. Il y a donc intérêt pour les villes à donner une concession assez longue. La dernière combinaison que nous avons indiquée est excessive, immorale même, car la municipalité ayant le droit de faire un usage illimité du gaz a des prix dérisoires, non-seulement multipliera indéfiniment son éclairage municipal, mais emploiera le gaz pour la cuisine et le chauffage de ses établissements municipaux et absorbera ainsi, et au delà, les bénéfices que peut donner la partie du gaz vendue aux particuliers. Quand une ville stipule que le gaz lui sera livré gratis, ou à un prix qui n'est pas rémunérateur, elle doit ajouter que le volume qu'elle brûlera ne pourra dépasser tant p. 100 de la consommation totale. La compagnie peut alors faire un calcul de prix moyen et soumissionner en conséquence. Demander plus, c'est s'exposer à ne pas trouver une compagnie sérieuse. La clause de l'abandon immédiat à la ville de l'usine et du matériel entraîne à des frais d'enregistrement importants qui viennent grever une compagnie déjà forcée à des dépenses considérables d'installation ; et comme cette compagnie doit, ainsi que nous l'avons vu, amortir son capital pendant la durée de la concession et retirer un intéret légitime de son argent et de son industrie, il faut nécessairement que les abonnés payent le gaz plus cher. Par contre, une ville qui ne se

réserve aucun droit sur l'usine agit sans discernement ; car vers la fin de la concession, au moment de faire un nouveau traité, elle est pour ainsi dire forcée de renoncer à mettre plusieurs compagnies en concurrence ; elle devra traiter avec l'ancienne pour éviter de bouleverser deux fois de suite toutes ses rues par la pose des tuyaux de la nouvelle compagnie et par l'enlèvement de la canalisation de l'ancienne, et ne pas avoir, tant pour elle que pour tous les abonnés, l'embarras et la dépense du report des prises de branchement des tuyaux d'une compagnie sur ceux de l'autre. Elle doit donc se réserver pour l'expiration de la concession soit la propriété de la canalisation, soit le droit de l'acheter à dire d'experts. Cette clause n'augmente pas la mise de fonds de la compagnie, elle a peu d'influence sur l'amortissement, elle ne peut donc pas modifier sensiblement le prix que cette compagnie doit demander pour la fourniture du gaz. La municipalité a-t-elle avantage à stipuler qu'en outre des tuyaux et candélabres (s'ils n'ont pas été posés par elle) l'usine deviendra sa propriété en fin de concession ? Il y a des raisons assez sérieuses pour croire le contraire. D'abord la compagnie sera forcée de demander un prix plus élevé afin d'amortir son capital en entier au lieu de l'amortir en partie, comme dans le cas où elle resterait propriétaire de son immeuble et pourrait ainsi concourir dans de bonnes conditions lors de la nouvelle adjudication. Ensuite, la ville devenue propriétaire de l'usine ne l'exploitera évidemment pas (*), mais la louera sous certaines conditions au nombre desquelles il faut prévoir les agrandissements et les modifications incessantes que cette industrie comporte comme toutes les autres. Alors, sous la pression de l'opinion publique qui est persuadée,

(*) Certaines villes qui avaient voulu exploiter elles-mêmes leurs usines ont dû y renoncer bientôt pour plusieurs motifs, et entre autres, une fois, pour avoir oublié de porter au budget l'acquisition du charbon.

par ce qui se passe dans quelques centres privilégiés, que les bénéfices sont énormes, elle sera forcée d'abaisser le prix au détriment de ses ressources municipales.

Une habitude assez générale est de faire payer le gaz à la municipalité un prix moindre (moitié souvent) que celui fixé pour les particuliers. Comme la compagnie avant de faire son traité a dû se rendre compte du prix de revient du gaz et du prix moyen de la vente, il est évident qu'elle demandera un prix d'autant plus élevé aux particuliers que le prix du gaz public sera moindre et que l'importance relative de cet éclairage public sera plus grande. Cette clause, souvent critiquée, paraît cependant très-rationnelle, tant que le prix fixé par la municipalité est maintenu dans de sages limites. En effet, le privilége donné à une compagnie et la fixation des prix par la municipalité ne se justifient que par la propriété du sol des rues; cette municipalité ne fait qu'une chose, elle concède à certaines conditions le droit exclusif de poser des tuyaux sous le sol qui lui appartient. (Car on ne pourrait empêcher un propriétaire ou un groupe de faire leur gaz eux-mêmes pourvu qu'ils n'empruntent pas la voie publique et qu'ils se conforment au décret du 28 février 1867.) Les rues appartenant à la ville, c'est-à-dire à la totalité des habitants, est-il juste que cette totalité ou seulement la partie qui s'éclaire au gaz bénéficie de cette propriété? Il suffit de poser cette question pour reconnaître que la ville a raison de louer son sol contre une diminution des charges municipales, c'est-à-dire dans l'intérêt de tous, plutôt que de fixer un prix uniforme de gaz dont ne profiteront pas les habitants qui s'éclairent au suif, à la bougie et à l'huile, c'est-à-dire souvent la majorité de la population. Mais il faut reconnaître qu'un tarif uniforme permet d'abaisser le prix de vente aux particuliers, accroît la consommation et devient ainsi avantageux pour la compagnie.

Quelques villes stipulent que la compagnie partagera

avec la ville ses bénéfices annuels après qu'elle aura prélevé, pour intérêts et dividende, 10 p. 100 du capital dépensé. Cette clause inspirée par le même esprit que la précédente et qui permet à la municipalité de bénéficier d'une partie du progrès de l'industrie, si l'on en réalise, à de plus un avantage énorme, c'est de rendre les rapports très-faciles entre la municipalité et la compagnie. La première intéressée dans les bénéfices ne fait pas de ces demandes onéreuses qu'elle n'aurait pas manqué d'exiger si ses intérêts étaient distincts. De même la compagnie se montrera moins récalcitrante lorsqu'elle saura que la municipalité a tout intérêt à la ménager. Des villes et des compagnies, qui étaient constamment en procès, ont tranché toutes leurs difficultés à l'amiable du jour où le partage a fonctionné et n'ont jamais eu depuis la moindre contestation sérieuse. La régularité et la bonne marche du service, conséquence de l'harmonie qui existe entre la municipalité et la compagnie, ont fait préférer cette combinaison à une autre qui paraît cependant plus juste en ce qu'elle laisse la compagnie bénéficier en entier des améliorations et des perfectionnements qu'elle peut apporter à sa fabrication : cette combinaison consiste à imposer une redevance d'un certain nombre de centimes par chaque mètre cube vendu (*), cette redevance porte, soit sur la totalité du volume vendu aux particuliers, soit sur l'excédant après un certain cube fixé qui en reste affranchi. On remarquera dans le traité de la Compagnie parisienne, qui a été publié au n° 2 du *Recueil des actes administratifs de la ville de Paris* de 1870, que l'amortissement du capital-actions, ainsi que des emprunts faits sous forme d'obligations et le fonds de

(*) La redevance se paye seulement sur le gaz vendu aux particuliers et non pas sur celui de l'éclairage municipal, vendu moins cher, pour empêcher le maire de classer, sous les instances d'intérêts privés, au nombre des établissements publics, des édifices qui n'appartiennent pas à la ville.

réserve, sont prélevés sur les frais généraux ; ils sont ainsi payés moitié par la ville et moitié par la compagnie, puisque la somme à partager est diminuée du montant de ces prélèvement. Ce fait, qui n'avait pas été prévu au traité primitif, a été introduit dans une convention ultérieure pour éviter les difficultés que présentait la fixation du partage des bénéfices au delà d'un prélèvement de 10 p. 100 du capital quand le capital croît par suite des travaux d'agrandissement provenant de l'extension de la consommation. A chaque emprunt, il aurait fallu fixer la valeur des usines en fin de concession et amortir la différence entre cette valeur et leur prix de revient. On a préféré amortir en commun et décider que la ville serait propriétaire en fin de concession de la moitié des usines, de la réserve et de la canalisation. Cette solidarité d'intérêts ne peut qu'être avantageuse en fin de concession et pour la ville et pour la compagnie.

Voilà à grands traits les bases financières concernant les concessions. Si l'on veut ensuite passer aux questions de détail, sur l'exécution des obligations contractées par la compagnie, on verra d'abord que celle-ci doit être tenue de développer ses usines suivant les besoins de la consommation, de prolonger ses conduites toutes les fois qu'elle est assurée d'une vente suffisante pour couvrir l'intérêt de ses dépenses ; ce prolongement est généralement imposée par le cahier des charges lorsque la consommation dépasse un minimum par mètre courant de conduite à poser. La compagnie doit aussi fournir à toute personne, qui aura constitué un dépôt fixé, le gaz convenablement épuré et d'un pouvoir éclairant déterminé. Les villes établissent généralement à leurs frais, les candélabres et lanternes de l'éclairage public ainsi que les branchements qui les desservent ; elles font de même à leurs frais toutes les modifications qu'elles apportent à l'éclairage public, et elles payent un certain prix par jour et par appareil à la compagnie pour l'entre-

tien, le nettoiement, l'allumage et l'extinction de ces appareils. Il est rationnel que ce prix ne soit pas confondu dans le prix du mètre cube de gaz fourni, parce que ces soins sont indépendants de la consommation du gaz, et qu'autrement, toute diminution ou toute augmentation dans le voluume brûlé par chaque bec constituerait une perte pour la compagnie ou pour la ville. A Paris on paye 0f,04 et 0f,065 par jour et par appareil suivant sa forme. La compagnie indique dans ses bilans que ces chiffres ne représentent que 60 à 70 p. 100 de la dépense réelle, mais ils semblent suffisants pour la province, où les causes de détérioration sont moins fréquentes. Les municipalités doivent être également libres d'utiliser le gaz comme elles le jugent convenable et par conséquent de choisir et d'employer le brûleur de la forme qu'elles préfèrent. A chaque modification, quelques expériences indiquent le chiffre de la consommation par heure pour un type et une flamme donnée et, par suite, la somme annuelle à payer d'après les heures fixées pour l'allumage et l'extinction.

La compagnie chargée de fournir du gaz épuré, d'un titre déterminé, d'entretenir et de nettoyer les appareils, d'allumer et d'éteindre les becs publics, et de maintenir pendant la nuit la flamme dans de certaines limites, peut manquer à ses obligations par suite de force majeure, de négligence ou de fraude; les pénalités prévues dans le cahier des charges doivent tenir compte de la nature des faits. Si le service souffre par suite d'une inondation, par exemple, qui empêche d'arriver aux appareils, la compagnie n'est pas évidemment coupable. Il en est de même si un ouragan éteint un certain nombre de flammes; mais il y a négligence de sa part si elle ne les rallume pas; il y a de même mauvais entretien si un bec ne peut être allumé, mais si, après avoir donné une flamme normale, il s'éteint par suite d'un engorgement, il n'y a pas de la faute de la compagnie. Si quelques becs sont allumés trop tard ou

éteints trop tôt, il y a une mauvaise organisation, et l'on peut même supposer une fraude s'il s'agit d'un grand nombre. Les pénalités doivent ainsi être plus ou moins fortes suivant les cas.

RÉSUMÉ.

De ce qui précède, on peut conclure que les conditions du traité d'une entreprise d'éclairage au gaz doivent varier suivant qu'il s'agit d'une grande ou d'une petite ville et suivant le prix du charbon et du coke. Pour une production importante de plusieurs millions de mètres cubes, les conditions de police, d'épuration et de pouvoir éclairant fixés à Paris peuvent être admises. La vérification de l'épuration au moyen d'un papier trempé dans l'acétate de plomb est simple et peut être faite par tout le monde, elle n'exige pas l'intervention d'un chimiste, comme en Angleterre où le gaz ne doit pas contenir plus d'une proportion déterminée de soufre. On pourra être plus tolérant dans les villes de moyenne grandeur, de 20 à 50.000 âmes et beaucoup plus dans les petites localités, surtout sur le pouvoir éclairant lorsque les charbons n'arrivent pas très-facilement; il faut alors faire des approvisionnements de plusieurs mois et la houille produit alors, ainsi que nous l'avons vu, un gaz d'un pouvoir éclairant réduit. Mais les plus grandes différences doivent porter sur le prix du mètre cube de gaz. Supposons pour fixer les idées que le charbon coûte 35 francs la tonne et le coke 1f,60 l'hectolitre, que la durée de la concession soit de 30 ans, on verra par le tableau des pages 518 et 519 qu'on doit compter sur le prix de revient suivant pour le mètre cube de gaz au bec :

	USINE produisant plus de 2 millions de mèt. cubes.	USINE produisant entre 1 et 2 millions de mèt. cub.	USINE produisant de 2 à 400.000 mèt. cub.	PETITE USINE produisant de 100.000 à 200.000 mètres cubes.
	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.
Intérêt et bénéfice à 10 p. 100 du capital émis.	10	12	14	16
Amortissement.	1,5	1.80	2,10	2,40
Gaz.	12,0	17,00	20	25,00
Totaux.	23,5	30,80	36,10	43,40

Mais comme on doit prévoir une proportion de 25, 28, 35, 40 p. 100 de gaz public payé à moitié prix, on reconnaîtra qu'il faut vendre le gaz, dans les quatre cas envisagés, à 27, 36, 44 et 54 centimes pour l'éclairage particulier et 15^{c},5, 18, 22 et 27 pour l'éclairage public. Ce sont à peu près les prix adoptés, ils sont même généralement plus élevés dans les grandes villes. On voit que le pétrole fera une concurrence très-redoutable au gaz privé dans les petites localités; en effet, celles des boutiques qui ne comportent pas un éclairage important et de luxe et où l'on ne redoute pas la mauvaise odeur, auront avantage à adopter l'huile minérale. Il faut donc n'entreprendre qu'après une étude approfondie l'éclairage au gaz des villes d'environ 10.000 âmes lorsqu'un commerce actif n'y appelle pas le luxe et de nombreux cafés. On ne peut penser dans de semblables localités à s'attacher un gérant capable et versé dans ce genre d'industrie; les appointements qu'il faudrait lui donner seraient hors de proportion avec l'importance de l'affaire. L'usine ne peut donc prospérer que si elle est dans les mains de personnes de la localité qui comptent leur temps pour rien et administrent avec la plus grande économie. On retrouve ainsi, pour le gaz dans les petites localités, les mêmes nécessités que dans la plupart des chemins de fer départementaux, sacrifice de la part des habitants qui doivent fournir les capitaux et gérer économiquement et par eux-mêmes.

PRÉFECTURE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE.

EXTRAIT DU N° 2

DU

RECUEIL DES ACTES ADMINISTRATIFS DE 1870.

ÉCLAIRAGE ET CHAUFFAGE PAR LE GAZ.

TRAITÉ

PASSÉ ENTRE LA VILLE DE PARIS ET LA COMPAGNIE D'ÉCLAIRAGE ET DE CHAUFFAGE PAR LE GAZ.

I. — DÉCRET.

NAPOLÉON, par la grâce de Dieu et la volonté nationale, Empereur des Français, à tous présents et à venir, salut :

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur ;

Vu les traités passés entre la ville de Paris et la Compagnie parisienne du gaz, les 23 juillet 1855 et 25 janvier 1861, pour l'éclairage public et particulier de ladite ville;

La loi du 24 juillet 1867 (art. 16 et 17);

Notre Conseil d'État entendu,

Avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1er. La ville de Paris est autorisée à substituer aux traités susvisés un nouveau traité conforme au projet adopté par le conseil municipal dans sa séance du 3 août 1869.

Une expédition de ce nouveau traité demeurera ci-annexée.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait au palais des Tuileries, le 15 janvier 1870.

NAPOLÉON.

Par l'Empereur :

Le Ministre secrétaire d'État
au département de l'intérieur,
CHEVANDIER DE VALDROME.

II. — TRAITÉ.

Entre les soussignés :

M. Henri Chevreau, sénateur, grand-officier de l'ordre impérial de la Légion d'honneur, préfet du département de la Seine, stipulant au nom de la ville de Paris, en vertu de deux délibérations du conseil municipal de ladite ville, en date des 3 août et 29 octobre 1869, et d'un décret impérial en date du 14 janvier 1870,

D'une part;

Et 1° M. Vincent Dubochet, officier de la Légion d'honneur, demeurant rue du Faubourg-Poissonnière, n° 175, à Paris;

2° M. Hippolyte Pain, secrétaire du conseil d'administration de la Compagnie parisienne, demeurant à Rubelles, près Melun (Seine-et-Marne);

3° M. Émile Mayniel, ancien capitaine du génie, officier de la Légion d'honneur, demeurant rue d'Argenson, n° 3, à Paris;

4° M. Eugène-Joseph de Gayffier, ingénieur en chef des ponts et chaussées en retraite, chevalier de la Légion d'honneur, demeurant rue Condorcet, n° 6, à Paris;

Président et membres du conseil d'aministration, et directeur de la Compagnie parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz, société anonyme formée, suivant acte passé devant Mᵉ Mocquard et Mᵉ Lavocat, son collège, notaires à Paris, le 19 décembre 1836, dûment enregistré et publié, dont les statuts ont été autorisés par un décret impérial, en date du 25 décembre 1855, et dont le siége est à Paris, rue Condorcet, n° 6;

Agissant collectivement, en vertu des deux délibérations du conseil d'administration, en date des 1ᵉʳ juillet et 12 août 1869, et de la délibération de l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires, en date du 23 septembre suivant, dont extraits sont annexés aux présentes,

D'autre part;

Il a été exposé :

1° Que la ville de Paris, en vue d'associer plus promptement et plus complétement la zone annexée aux avantages de l'éclairage au gaz, veut jouir, dès aujourd'hui, pour cette zone, du bénéfice d'une canalisation plus étendue, à laquelle elle n'a droit, par les traités ci-après énoncés, qu'à compter du 1ᵉʳ janvier 1873;

2° Que, de plus, elle veut avoir le droit de faire poser, dans l'in-

térêt de la viabilité, une double canalisation dans toutes les voies à canaliser ayant 14 mètres de largeur et au-dessus, et dans les voies à asphalter, quelle que soit leur largeur;

3° Que la compagnie, de son côté, estime qu'il y a opportunité et convenance à avancer l'époque du partage des bénéfices avec la ville, fixée à l'année 1872, par les traités susénoncés, et par suite, à liquider, dans la nouvelle détermination de ce partage, les sommes qui pourraient être dues par la ville, ou que la compagnie pourrait lui devoir, avant toute attribution de bénéfices au profit de la ville;

4° Qu'en outre, des contestations sont encore pendantes, devant la justice, sur l'interprétation des conventions actuelles; que les parties sont d'accord pour mettre fin à ces contestations;

5° Qu'il en résulte la nécessité de modifier certaines dispositions des traités des 23 juillet 1855 et 25 janvier 1861;

6° Que les modifications arrêtées entre les parties ont pris place dans les divers articles du présent acte auxquels elles se réfèrent:

7° Enfin, que les parties reprennent et résument définitivement, dans la rédaction suivante, toutes les conventions qui les lient et continueront à les lier.

CHAPITRE Ier. — Dispositions préliminaires.

Art. 1er. La concession faite à la Compagnie parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz, par les deux traités passés avec la ville de Paris les 23 juillet et 25 janvier 1861, du droit exclusif de conserver et d'établir des tuyaux. pour la conduite du gaz d'éclairage et de chauffage sous les voies publiques, conformément aux arrêtés de M. le préfet de la Seine, continue de subsister aux clauses, charges et conditions ci-après.

Art. 2. Cette concession, dont la durée est fixée par le traité du 23 juillet 1855, à cinquante années, qui ont commencé le 1er janvier 1856, finira le 31 décembre 1905.

Art. 3. La ville se réserve le droit de faire déplacer, et même enlever, aux frais des concessionnaires et sans aucune indemnité, les tuyaux de conduite, toutes les fois qu'elle jugera que l'intérêt public l'exige.

La compagnie sera avertie de ces déplacements deux jours à l'avance au moins, sauf les cas de force majeure qui ne permettraient pas d'observer ce délai.

Les avaries causées aux conduites de gaz par les ouvriers des entrepreneurs de la ville seront réparées aux frais de ces derniers,

mais sans garantie de la ville. La constatation de ces dégradations sera faite par les agents du service municipal.

Art. 4. Pendant toute la durée de la concession, l'administration aura également le droit d'autoriser des essais d'éclairage et de chauffage, par tous les systèmes qui pourront se produire, dans une limite de 1.000 mètres de longueur de voie publique, par chaque essai, sans que l'exercice de ce droit puisse donner lieu à aucune indemnité en faveur des concessionnaires.

Art. 5. Le droit de location des parties du sous-sol de la voie publique, occupées par les tuyaux de la compagnie, établi par l'arrêté de M. le préfet de la Seine, en date du 30 octobre 1844, est fixé, à titre d'abonnement, à la somme de 200.000 francs, pour chacune des cinquante années de la concession, et cela indépendamment de la redevance de 2 centimes, stipulée à l'article 8 ci-après.

Cet abonnement sera porté à 250.000 francs lorsque la consommation par mètre courant de conduite, dans la zone annexée, sera reconnue égale à celle qui existait dans l'ancien Paris au 1er janvier 1869, qui est de 148 mètres cubes par mètre courant de conduite.

Il sera tenu, à cet effet, une comptabilité pour les consommateurs de l'ancien Paris et pour ceux de la zone annexée.

Art. 6. La compagnie ne pourra demander d'augmenter son capital en actions au delà de 84 millions de francs qu'après avis du préfet de la Seine et du conseil municipal.

A dater du 1er janvier 1869, la ville de Paris a droit, par anticipation sur l'époque fixée par les traités ci-dessus rappelés, mais après les prélèvements dont il va être parlé, à la moitié des bénéfices réalisés par la compagnie.

Le compte de ses bénéfices sera réglé conformément aux statuts de la société.

Avant tout partage de bénéfices, il sera prélevé :

1° Les sommes nécessaires pour annuités d'amortissement des actions et obligations émises ou à émettre;

2° La retenue actuellement fixée pour la réserve par les statuts;

3° Une somme, pour dividende et intérêts des actions, fixés à 12.400.000 francs jusqu'en 1887 inclusivement, et à 11.200.000 francs du 1er janvier 1888 à la fin de la concession.

Dans le cas où les bénéfices d'une année seraient inférieurs au prélèvement attribué à la compagnie, elle supporterait le déficit et ne pourrait en exiger le rappel sur les bénéfices des exercices suivants.

A la fin de la concession, et par l'effet même de l'action com-

plète de l'amortissement des actions et obligations, le produit de l'actif mobilier et immobilier de la compagnie et le montant de la réserve statutaire de 2 millions de francs feront partie des bénéfices à partager.

Il est entendu que les sommes payées par la compagnie, antérieurement à l'année 1869, pour l'amortissement de ses obligations, ainsi que le prélèvement opéré par la constitution de la réserve, ne peuvent donner lieu à aucune répétition contre la ville de Paris, à l'époque du partage.

La ville de Paris demeure complétement quitte et libérée des sommes à sa charge pour l'éclairage de la zone annexée, les articles 4, 5 et 6 du traité du 25 janvier 1861 étant annulés à dater du 1er janvier 1869.

Art. 7. — Toute entreprise accessoire, actuellement exploitée par la compagnie, de même que les entreprises nouvelles qui devront être autorisées par le préfet de la Seine, seront l'objet d'une comptabilité distincte, et leurs résultats annuels se confondront avec les résultats de l'entreprise principale.

Il en sera de même des fournitures de gaz qui seront faites en dehors de l'enceinte fortifiée, et qui ne pourront être augmentées, en dehors des traités actuels, sans autorisation du préfet de la Seine.

Art. 8. Les usines à gaz et les usines annexes de la compagnie qui se trouvent comprises dans les limites de Paris, et notamment celles qui servent au traitement des goudrons, des eaux ammoniacales et produits chimiques, des cokes et de la briqueterie, ou les entreprises nouvelles qui y seront établies, avec l'autorisation du préfet de la Seine, seront considérées comme entrepôt réel, pendant toute la durée de la concession, c'est-à-dire qu'elles se trouveront dans le même cas que si elles étaient situées en dehors des limites de l'octroi, en tout ce qui concerne les objets ci-dessus spécifiés.

En conséquence, il est convenu :

1° Que l'entrepôt dont il s'agit se rapporte aux approvisionnements de charbon de terre, de cannel-coal, de schistes bitumeux et de toute matière servant à la fabrication du gaz, ainsi qu'aux goudrons introduits dans les usines, et enfin aux produits et sous-produits soumis aux taxes ou qui le seraient à l'avenir, qui pourraient provenir des matières ci-dessus transformées par la distillation, ou de toute autre manière;

2° Que, par suite de leur admission successive en entrepôt, ces divers produits, composés de houille, coke, goudron, brais, naph-

d'eau de pression, avec un verre de 0m,20 de haut et de 0m,049 de diamètre en bas et de 0m,052 en haut. Ils en règleront la flamme pour avoir une lumière d'une valeur égale à celle de la lampe Carcel brûlant 42 grammes d'huile à l'heure, sous les conditions spécifiées dans l'instruction de MM. Dumas et Regnault, annexée au présent traité.

Les deux flammes ayant été maintenues bien exactement égales en intensité, pendant le temps nécessaire pour brûler 10 grammes d'huile les expérimentateurs mesureront le gaz consommé, qui devra s'élever, en moyenne, à 25 litres, la consommation devant être, en moyenne, de 105 litres de gaz pour 42 grammes d'huile.

Les essais du pouvoir éclairant et de la bonne épuration du gaz se feront au moyen des appareils décrits et suivant le mode indiqué dans l'instruction de MM. Dumas et Regnault, en date du 12 décembre 1860, et qui est annexée au présent traité. Chaque appareil devra être reçu par les ingénieurs de la ville de Paris, et il ne sera mis en service qu'après avoir été vérifié, contradictoirement, par les agents de la ville et ceux de de la compagnie.

Les appareils d'essai seront placés dans les bureaux de section de la compagnie, ou à proximité desdits bureaux, dans une pièce dont les agents de la ville auront seuls la clef; ceux de ces bureaux destinés aux essais seront choisis, d'accord avec la compagnie, vers la région moyenne du réseau alimenté par l'usine à laquelle correspondra le bureau. Il y aura autant de bureaux d'essais qu'il conviendra à l'administration municipale d'en établir, mais au moins un par chaque usine à gaz, et deux pour les usines importantes.

Les essais seront effectués de huit à onze heures du soir. Les expérimentateurs feront trois essais à une demi-heure d'intervalle, et ils prendront la moyenne. Chaque jour la feuille de service, remise par le directeur de la voie publique de la ville de Paris aux essayeurs, désignera les bureaux où les essais devront être effectués.

Le nombre d'essais devra être le même pour chaque usine. Le chef de section, ou l'un des ingénieurs de la compagnie, est autorisé à assister à l'essai et à prendre note des résultats; mais il n'intervient en rien dans la conduite de l'opération, dont l'essayeur reste seul maître et responsable.

Si la consommation du gaz, qui, dans les essais, doit être égale à 25 litres, comme il est dit ci-dessus, dépassait 27lit,50, il en serait donné immédiatement connaissance à M. le préfet de la Seine et à la compagnie.

La moyenne des essais de chaque mois devra être égale à 25 litres en nombre rond.

Pour calculer cette moyenne, il sera attribué à chaque usine, au commencement de chaque année, un coefficient proportionnel à la fraction moyenne qui représente la part du service de l'usine dans l'éclairage public total.

Quand la moyenne d'un mois sera inférieure ou supérieure au type, il sera fait report, au mois suivant du même trimestre, de la compensation due par la compagnie ou par la ville; à la fin de chaque trimestre, le compte de la compensation proportionnelle entre toutes les usines sera arrêté, et s'il y a déficit, la compagnie payera à la ville la valeur de la lumière manquante, en prenant pour base le prix de l'éclairage public, sous la déduction du droit d'octroi, et la moyenne de consommation mensuelle de l'éclairage de la voie publique correspondant à chaque mois du trimestre.

Pour une même année, la compagnie solde le compte en déficit des deux premiers trimestres en payant la valeur de la lumière qui n'aura pas été fournie, ainsi qu'il vient d'être dit. Si les déficit se représentaient, pour un ou deux trimestres, du second semestre de la même année, la compagnie payerait, respectivement pour chacun d'eux, deux fois la valeur de la lumière qui n'aurait pas été livrée.

Les dispositions des deux paragraphes qui précèdent ne s'appliquent qu'au cas prévu où la lumière en déficit ne dépassera pas 3 p. 100, ce qui correspond à une consommation de gaz qui, dans l'appareil d'essai, ne dépasse pas $27^{\text{litres}},30$ pour 10 grammes d'huile brûlée.

Dans ce cas, l'abonné n'aura droit à aucune réduction sur le prix du gaz qui lui aura été fourni.

Si ces chiffres sont dépassés dans les essais de deux soirées consécutives, il sera procédé, après un délai de cinq jours, à des expériences contradictoires, en présence des agents de la ville et de ceux de la compagnie.

En cas de désaccord entre les agents des deux services, sur le résultat des expériences, il sera immédiatement fait appel à un ingénieur de l'État, tiers expert désigné d'avance, à cet effet, par le conseil de préfecture, au commencement de chaque année.

A partir du jour où le déficit, en dehors des tolérances de 10 p. 100, aura été dénoncé par la ville à la compagnie, s'il se reproduit pendant dix jours de suite, ou pendant quinze jours non continus dans le même mois, la compagnie sera tenue de payer

cinq fois la valeur de la lumière manquante, au prix de l'éclairage public, réduit comme il est dit ci-dessus.

Dans ce cas, l'abonné aura droit au remboursement du prix de la consommation excédant la tolérance de 10 p. 100. Ce remboursement sera effectué, pour chaque trimestre, par voie de déduction, sur la facture qui suivrait la publication du résultat des vérifications du pouvoir éclairant.

Si le déficit en dessous des tolérances ne s'est pas produit pendant dix jours de suite, ou pendant quinze jours en un mois, la compagnie sera autorisée à en faire la compensation, comme si ce déficit avait eu lieu dans la limite de la tolérance.

La compensation sera admise aussi pour le cas de force majeure; mais lorsque la compagnie aura prévu ou constaté quelque cas de force majeure pouvant modifier le pouvoir éclairant du gaz, elle sera tenue de le notifier immédiatement à M. le préfet de la Seine.

La bonne épuration du gaz sera constatée avec des bandes de papier blanc, non collé, préalablement préparées en les plongeant dans une dissolution d'acétate neutre de plomb dans l'eau distillée contenant 1 de sel pour 100 d'eau.

Ces bandes de papier resteront dans le courant du gaz pendant la durée de l'un des essais relatifs au pouvoir éclairant. Si elles ne brunissent pas, l'épuration est bonne. Cet essai sera fait d'ailleurs conformément à l'instruction précitée de MM. Dumas et Regnault.

Le résultat des procès-verbaux de vérification du pouvoir éclairant du gaz, tant journalier que contradictoire, sera rendu public quatre fois par an, par le mode que déterminera M. le préfet de la Seine.

Art. 12. Au commencement de chaque année, l'administration remettra à la compagnie un état d'indication approximative des canalisations à faire, pendant cette année, dans toute l'étendue de la ville; mais dans cette période, celle-ci continuera les canalisations qui auraient été demandées antérieurement.

La compagnie ne pourra être requise de commencer la canalisation que deux mois après la remise de cet état; les réquisitions devront être faites au moins cinq jours d'avance, à moins de cas de force majeure; auquel cas le délai sera fixé par l'administration.

Il ne pourra être exigé plus de 500 mètres de canalisation par jour.

L'administration, après avoir entendu la société, pourra prescrire, soit dans la direction des conduites, soit dans la dimension

des tuyaux, toutes les modifications successives que lui paraîtra exiger la bonne exécution du service.

La compagnie sera tenue de poser deux conduites sous les trottoirs, dans toutes les voies à canaliser ayant 14 mètres de largeur et au-dessus, et dans celles qui recevront une chaussée en asphalte comprimé, quelle que soit leur largeur.

Afin de garantir des effets du gaz les arbres des promenades publiques, la compagnie exécutera le drainage des conduites à établir sous les voies plantées et entourera les branchements de drains en terre cuite.

Le drainage des conduites consistera à garnir les deux côtés et le dessus de la conduite de pierres cassées, sur une épaisseur de $0^m,15$ à $0^m,30$, suivant le diamètre des conduites, et à couvrir cet empierrement d'une enveloppe s'opposant à l'infiltration des sables et des terres dans les interstices des pierres.

Le prix de réfection des chaussées et trottoirs à payer à la ville, pour les conduites et branchements de toute nature à établir ou à réparer, est fixé à 3 francs par mètre carré.

Art. 13. Pendant la durée de l'éclairage et pendant toute la durée du jour, dans les quartiers où l'état de la canalisation et le nombre des consommateurs le permettront, le gaz devra être tenu dans les conduites sous une pression de $0^m,020$, afin qu'il arrive aux becs en quantité suffisante, même dans le cas où il aurait à traverser un compteur.

Les vérifications auxquelles pourraient donner lieu l'exécution de cette prescription seront faites, à la diligence du préfet, au moyen de manomètres qui seront posés à demeure sur tous les points indiqués par l'administration et aux frais de la société.

Art. 14. Pour assurer les services publics et particuliers dont elle est chargée, la société aura constamment en magasin ou en cours de transport, un approvisionnement d'un mois en matières premières destinées à la fabrication du gaz.

Cet approvisionnement pourra être réduit à 10 jours, avec l'autorisation du préfet de la Seine, en proportion de la quantité de gaz que la société aura à fabriquer.

A cet effet, la société fournira, chaque mois, à l'administration, les états de ses approvisionnements et les quantités de gaz qu'elle aura fabriquées dans le mois précédent.

Ces approvisionnements et les quantités de gaz fabriquées seront vérifiés toutes les fois que l'administration l'exigera et par les moyens qu'elle jugera convenables.

CHAPITRE III. — Éclairage public.

Art. 15. Cet éclairage comprend :

Toutes les voies publiques existantes et celles qui pourront être créées, les bureaux de voitures, les urinoirs et les kiosques ;

Les galeries et cours du Palais-Royal livrées au public ;

Les rues et passages particuliers livrés journellement à la circulation des voitures et des piétons ;

Les fournitures du gaz des illuminations au compte de la ville, en totalité ou en partie ;

L'hôtel de ville, la préfecture de police, les mairies, les commissariats et les postes de police, les corps de garde, les casernes municipales, les bureaux des employés, les théâtres appartenant à la ville, les établissements scolaires, les marchés, les halles, les abattoirs, les parcs et squares, les promenades appartenant à la ville, situés dans l'enceinte des fortifications ou hors Paris, lorsque les abords seront déjà canalisés par la compagnie et que l'éclairage des appareils n'exigera que les branchements ; les édifices consacrés au culte, les établissements de l'assistance publique et généralement toutes les propriétés de la ville et tous les établissements municipaux dans l'enceinte de la ville qui seront désignés comme tels à la compagnie par le préfet de la Seine, pendant la durée du présent traité.

La compagnie ne pourra refuser d'éclairer, aux prix et conditions de l'éclairage public, les divers établissements énumérés aux paragraphes précédents, même lorsque les frais de cet éclairage seront supportés en tout ou en partie par des particuliers ; seulement, l'éclairage sera réglé et payé à la compagnie par la ville, sauf à l'administration municipale à en recouvrer le montant sur qui de droit.

Il est bien entendu que l'éclairage public ne comprend pas l'éclairage des logements et boutiques loués à des particuliers dans les propriétés de la ville.

L'éclairage public comprend, en outre, les établissements départementaux et les établissements militaires situés dans Paris, qui seront désignés comme tels à la compagnie par le préfet de la Seine.

Art. 16. Il y aura trois séries de becs :

La 1re consommant 100 litres à l'heure ;

La 2e série consommant 140 litres à l'heure ;

La 3e série consommant 200 litres à l'heure.

Le prix est fixé par heure :

Pour les becs de la 1re série, à 0f,015;

Pour les becs de la 2e série, à 0f,021;

Pour les becs de la 3e série, à 0f,030.

Lorsque le gaz sera livré au compteur, il sera payé à raison de 0f,15 le mètre cube.

L'administration reste libre de donner aux ouvertures des becs telle largeur qu'elle jugera nécessaire, sans toutefois qu'il en résulte une augmentation de consommation du gaz; les dimensions en largeur et en hauteur des flammes seront déterminées par le préfet de la Seine, conformément aux expériences contradictoires entre les ingénieurs de la ville de Paris et ceux de la compagnie.

Art. 17. Lorsque l'administration voudra employer des becs d'une dimension supérieure au bec le plus fort ou intermédiaire entre les becs ci-dessus désignés, la société s'engage à les fournir à des prix fixés proportionnellement à ceux qui viennent d'être établis.

Art. 18. Les modèles des brûleurs employés seront déterminés par le préfet de la Seine, qui, seul, aura le droit de les faire changer, sans toutefois qu'il en résulte une augmentation dans la consommation du gaz.

Art. 19. L'éclairage public est divisé en éclairage permanent et en éclairage variable.

L'éclairage permanent fonctionne du soir au matin sans interruption.

L'éclairage variable est subordonné au besoin des localités.

La nature de l'éclairage sera fixée par le préfet de la Seine, qui aura toujours le droit de la modifier.

Art. 20. Les heures d'allumage et d'extinction des becs permanents seront déterminées par un tableau dressé, au commencement de chaque année, par le préfet de la Seine, et imprimé aux frais de l'administration.

Les heures d'allumages et d'extinction des becs variables seront fixées par des décisions particulières du préfet de la Seine.

Art. 21. L'allumage sera fait en 40 minutes au plus, c'est-à-dire qu'il pourra commencer 20 minutes avant l'heure du tableau, et qu'il devra être terminé, au plus tard, 20 minutes après cette heure.

L'extinction sera faite en 20 minutes au plus, c'est-à-dire qu'elle pourra commencer 10 minutes au plus avant l'heure du tableau, et sera terminée 10 minutes après cette heure.

Art. 22. La société soumettra, chaque trimestre, les itinéraires

des allumeurs à l'administration qui pourra prescrire, au besoin, des changements auxquels la société sera tenue de se conformer.

Lorsque ces itinéraires auront été arrêtés par le préfet de la Seine, la société ne pourra les modifier sans le consentement de l'administration.

Art. 23. Lorsqu'il surviendra des brouillards ou des événemens imprévus, la durée de l'éclairage pourra recevoir telle extension que les circonstances rendront nécessaire.

La société exécutera d'urgence tous les ordres qui lui seront donnés à cet égard par le préfet de la Seine, et elle ne pourra exiger que le prix du gaz consommé par suite de la prolongation de l'éclairage ou de l'augmentation du nombre des becs.

Art. 21. La société fournira jusqu'à concurrence de 20 allumeurs, pour accompagner les inspecteurs de l'administration dans leurs rondes, soit de nuit, soit de jour.

Ces allumeurs devront être munis d'une lanterne allumée, de clefs de robinets et de tous autres objets nécessaires au service des rondes et même d'échelles, s'ils en sont requis.

Une plaque ou médaille sera remise, par l'administration, aux frais de la société, à tous les allumeurs, ouvriers ou autres, employés du service actif, afin qu'ils puissent être reconnus dans leur service.

Cette plaque aura un numéro d'ordre et sera toujours portée d'une manière ostensible, même pendant le service du jour.

La société fera déposer, dans les lieux qui lui seront indiqués par l'administration, le nombre d'échelles, clefs de robinets et autres objets que l'administration jugera nécessaire au service des rondes.

Art. 25. La société fournira chaque mois, un état indicatif des noms et demeures des personnes employées au service actif.

Cet état, ainsi que les itinéraires exigés par l'article 22, devra être transmis à l'administration le 1er de chaque mois.

Art. 26. Le préfet de la Seine aura le droit d'ordonner le renvoi, soit définitif, soit temporaire, des allumeurs et de tous les autres employés du service actif, toutes les fois que ces employés donneront lieu, à l'occasion du service ou pour toute autre cause, à des plaintes qu'il jugera fondées.

Art. 27. Les lanternes, ainsi que les candélabres et les consoles qui doivent les supporter, seront fournies par l'administration à la société, qui les mettra en place et les fera peindre d'après les tons de couleur indiqués par le préfet de la Seine.

La société fournira et établira tous les tuyaux d'embranche-

ments, tubes intérieurs, robinets, brûleurs et tous les accessoires qui contituent l'ensemble d'un appareil à gaz.

Art. 28. Tous les travaux exécutés et toutes les fournitures livrées par la compagnie, en vertu de l'article précédent, se feront à prix de règlement, sur les bases d'un bordereau de prix arrêté, chaque année, par le préfet et acceptée par la compagnie. Les comptes, réglés chaque mois par les ingénieurs de l'éclairage public et approuvés par le préfet, seront soldés dans la forme en usage pour les entrepreneurs du service municipal de Paris.

Art. 20. La société sera tenue de placer les appareils qui lui seront demandés et de mettre en service de nouveaux becs dans le délai fixé par le préfet de la Seine, après qu'elle aura été entendue.

Art. 30. La société entretiendra en bon état tout la matériel qui sera établi par elle.

Elle fera réparer immédiatement les fuites qui se manifesteront dans les tuyaux, robinets et autres accessoires.

Elle fera remplacer immédiatement, et au plus tard sur le premier avis qui lui en sera donné par l'administration, les verres brisés et tous les objets hors de service.

Les verres fêlés et altérés devront être remplacés par la société à la première réquisition qui en sera faite.

La société sera responsable, sauf les cas de force majeure, de tous les accidents et dégradations qui pourront arriver à ce matériel; elle sera même responsable des vols dont ce matériel pourrait être l'objet, lors même qu'elle justifierait que tous les moyens possibles ont été employés pour les prévenir.

Les procès-verbaux qui seront dressés à ce sujet par les fonctionnaires et agents de l'administration, serviront, s'il y a lieu, de titre à la société pour réclamer les frais de remplacement, contre les auteurs ou fauteurs de dommages, sans que l'administration puisse jamais être recherchée.

La société fera, chaque jour, nettoyer complétement les lanternes.

Ce nettoiement devra toujours être terminé une heure, au moins, avant l'allumage.

Elle fera laver, du 25 au 30 de chaque mois, les candélabres dans toute leur hauteur, et laver et cirer les appareils bronzés de manière à les tenir toujours en état de propreté.

Art. 31. Les numéros des lanternes et les signes distinctifs du service seront inscrits sur une plaque dont le modèle sera déterminé par le préfet de la Seine.

La société entretiendra les peintures et renouvellera au besoin les plaques, qui devront toujours être en bon état; les inscriptions seront toujours lisibles.

Art. 32. La société renouvellera, lorsqu'elle en sera requise par le préfet de la Seine, la peinture des candélabres et des consoles suivant les tons de couleur qui lui seront indiqués.

Art. 33. Tous les frais résultant de l'exécution des articles 21, 30, 31 et 32, seront à la charge de la société.

L'administration lui payera, pour toute indemnité, 4 centimes par jour et appareil du modèle ordinaire en place.

Le prix de 4 centimes se décompose de la manière suivante:

1° Allumage et extinction.	0f,0300
Lorsque dans la même lanterne il y aura plusieurs becs, il sera alloué 1 centime par chaque bec, en sus du premier, pour allumage, extinction et entretien.	
2° Nettoyage et entretien de propreté des lanternes. . .	0f,0032
3° Remplacement des verres cassés, entretien et renouvellement des peintures et appareils, consoles et candélabres.	0f,0068
TOTAL ÉGAL.	0f,0400

Pour les appareils de nouveau modèle, en fonte bronzée, le chiffre ci-dessus sera augmenté de 2 centimes 1/2, non compris l'entretien du cuivrage.

L'administration reste libre de prendre à sa charge tout ou partie de l'entretien des appareils, pour une portion ou pour la totalité de l'éclairage public; dans ce cas, le prix de 0f,04 subira les réductions résultant de la décomposition qui précède, et la compagnie ne pourra être chargée, de nouveau, de l'entretien des appareils repris par la ville que d'un commun accord.

Art. 34. La compagnie exécutera toutes les suppressions et tous les déplacements d'appareils dans les délais qui lui sont prescrits par le préfet de la Seine.

Les frais de ces suppressions et déplacements seront avancés par la société et remboursés par l'administration sur le règlement qui en sera fait d'après le mode indiqué par l'article 28.

Les objets supprimés seront déposés dans les magasins de l'administration.

Art. 35. Faute par la société de se conformer aux dispositions des articles 27, 30, 31, 32 et 34, et aux réquisitions qui lui seront

faites à ce sujet, il pourra y être pourvu d'office et à ses frais, par les soins de l'administration, le tout indépendamment des retenues fixées par l'article 37.

CHAPITRE IV. — Retenues.

Art. 36. La société s'engage à exécuter ponctuellement ses obligations, sous peine de dommages-intérêts.

Dans les cas ci-après déterminés, les dommages-intérêts seront supportés par forme de retenue, et imputés sur les sommes revenant, chaque mois, à la société.

Art. 37. Ces retenues sont fixées ainsi qu'il suit :

1° Pour chaque bec dont la flamme n'aurait pas la dimension prescrite, il sera fait une retenue de 0f,50 (art. 16). Chaque retenue sera réduite de moitié lorsque la défectuosité dans les becs aura été rectifiée dans la première heure du service et qu'il en aura été justifié.

2° Pour chaque brûleur qui ne serait pas du modèle déterminé par le préfet de la Seine, la retenue sera de 15 francs (art. 18).

3° Lorsque l'allumage n'aura été fait dans aucune des parties de la ville dont le service est confié à la société, aux heures prescrites par le tableau d'éclairage et conformément à l'article 20, la retenue sera pour chaque demi-heure de retard, de 2 francs par bec. Elle sera de 1 franc, par bec et par demi-heure, si le retard a lieu pour deux ou pour un plus grand nombre de becs établis à la suite les uns des autres.

Lorsque le retard apporté dans l'allumage n'aura lieu que pour des becs isolés, la retenue sera, pour chaque bec et par demi-heure, de 50 centimes.

La retenue sera de 1 franc pour tout bec non allumé pour cause d'engorgement ; elle sera de 50 centimes pour tout bec qui s'éteindra dans le service, pour la même cause, sans pouvoir être rallumé.

En outre, la société ne sera responsable des extinctions prématurées et des flammes faibles que pour les appareils qu'elle aura établis ou acceptés.

Les mêmes retenues auront lieu, et dans les mêmes proportions, pour chaque demi-heure d'extinction prématurée.

Cependant, elles seront réduites de moitié toutes les fois que les becs éteints prématurément auront été rallumés, et qu'il en aura été justifié.

4° La retenue sera de 1 franc par chaque allumeur qui ne suivrait pas l'itinéraire déterminé (art. 22).

5° Si, dans les cas prévus par l'article 23, la société ne se conformait pas aux ordres d'urgence qui lui seront donnés, elle supporterait, pour chaque bec qui ne serait pas mis en service aux heures prescrites, une retenue du double du prix de service de ce bec pendant toute la nuit.

6° Il sera fait une retenue de 3f,50 par chaque allumeur qui n'aurait pas été mis à la disposition des agents de l'administration, ainsi que le prescrit l'article 24.

Si les allumeurs n'étaient pas munis des objets désignés audit article, ils seraient considérés comme non fournis, et la retenue serait appliquée; elle serait également appliquée, si les allumeurs n'avaient pas de plaque ou s'ils ne la portaient pas ostensiblement.

7° Par chaque jour de retard dans l'envoi des itinéraires et des états du personnel actif, la retenue sera de 5 francs (art. 25).

8° Elle sera de 5 francs par chaque employé qui ferait le service après que son exclusion aurait été prononcée conformément à l'article 26.

9° La société supportera une retenue de 5 francs par appareil et par chaque jour de retard non justifié qu'éprouverait la mise en service des appareils, passé le délai qui aura été fixé pour le placement de ces appareils, conformément à l'article 29.

10° La société supportera une retenue de 1 franc par jour pour chaque appareil ayant des verres cassés, ou dans les tuyaux duquel se seraient manifestées des fuites qui n'auraient pas été réparées après avertissement donné à la société (art. 30).

11° La retenue sera également de 1 franc par jour pour les cas ci-après :

Pour chaque lanterne qui ne serait pas nettoyée aux heures fixées par l'article 30;

Pour chaque plaque manquant, ou en mauvais état, ou dont l'inscription effacée, illisible ou incomplète, n'aura pas été repeinte, après avertissement préalable, ainsi que le prescrit l'article 31;

Pour chaque candélabre ou console dont la peinture ne serait pas renouvelée, après avertissement préalable, conformément à l'article 32.

12° Pour chaque jour et chaque usine où le gaz ne serait pas parfaitement épuré, comme il est dit à l'article 11, la compagnie supportera une retenu de 25 francs.

13° Lorsque la société sera mise en demeure d'exécuter tout ou partie des dispositions contenues dans l'article 12, elle supportera une retenue de 50 francs par jour et par 100 mètres courants de conduites ou d'embranchements non placés aux époques portées audit article, ou non établis conformément à ces dispositions.

Art 38. Toutes ces retenues seront prononcées par M. le préfet de la Seine, d'après les procès-verbaux des employés de l'administration et pour chaque contravention constatée.

La société pourra, chaque jour, les dimanches et fêtes exceptés, faire prendre connaissance et même copie des procès-verbaux.

Les procès-verbaux constatant l'insuffisance de la flamme des becs devront énoncer, autant que possible, l'importance du déficit.

Art. 39. Le nombre des sommes revenant à la société, pour le prix de son service d'éclairage, sera fixé, soit sur le nombre d'heures pendant lesquelles aura brûlé chaque bec, soit sur les quantités de gaz livrées aux compteurs; à ces sommes on ajoutera les frais d'entretien d'appareils alloués par l'article 33.

Le montant de ces sommes, réglé et arrêté par le directeur de la voie publique, sera payé par douzièmes, de mois en mois, déduction faite des retenues pour infraction aux dispositions du présent cahier des charges et des frais d'exécution d'office.

Art. 40. Les sommes dues à la société, pour travaux d'établissement, de suppression et de déplacement d'appareils, et pour tous autres travaux donnant lieu à présentation de mémoire, lui seront payées dans le mois qui suivra le règlement définitif desdits mémoires, opéré dans la forme prescrite par l'article 28.

Ce règlement sera fait, au plus tard, trois mois après la présentation des mémoires.

CHAPITRE V. — Éclairage particulier.

Art. 41. La société sera tenue de fournir le gaz, à Paris, dans les localités où il existera des conduites, à tout consommateur qui aura contracté un abonnement de trois mois au moins, et qui se sera d'ailleurs conformé aux dispositions des règlements concernant la pose des appareils.

Les polices en vertu desquelles sont souscrits les abonnements devront être conformes à un modèle approuvé par l'administration.

Les abonnements au bec et à l'heure pourront être faits pour tous les jours sans exception, ou en exceptant les dimanches et fêtes.

Aucun abonnement ne pourra être refusé, mais la Société sera.

en droit d'exiger que le payement se fasse par mois et d'avance.

L'abonné prendra livraison du gaz au moyen d'un branchement sur la conduite principale. Ce branchement, les travaux et fournitures relatifs à l'appareil extérieur et intérieur, sont à la charge de l'abonné.

Le tuyau d'embranchement et le robinet extérieur destiné à mettre le gaz en communication avec les appareils intérieurs, seront fournis, posés et entretenus par la compagnie, aux frais de l'abonné, aux prix fixés par la police d'abonnement.

Art. 42. Le gaz sera fourni soit au compteur, soit au bec et à l'heure, à la volonté des abonnés.

Un modèle de chaque système de compteur, accepté par la compagnie et approuvé par l'administration, sera déposé à la préfecture de la Seine.

Les compteurs seront à la charge des abonnés, qui auront la faculté de les prendre parmi les systèmes acceptés et autorisés, comme il est dit au paragraphe précédent, sauf les droits des fabricants brevetés.

Ils ne pourront être mis en service qu'après avoir été vérifiés et poinçonnés par l'administration.

Ils seront soumis, quant à leur exactitude et à la régularité de leur marche, à toutes les vérifications que l'administration pourra prescrire, sans préjudice de celles que les abonnés ou la société voudraient faire effectuer par les voies de droit.

La pose et le plombage des compteurs seront faits par la compagnie, de même que la fourniture et le scellement de la plateforme, aux prix fixés sur la police d'abonnement approuvée par l'administration.

L'entretien des compteurs agréés par la compagnie sera fait, par elle, aux prix mensuels fixés par la police d'abonnement approuvée par l'administration.

Les abonnés au compteur auront la libre disposition du gaz comme bon leur semblera, soit à l'extérieur, soit à l'intérieur de leur domicile, sans que, dans le cas où le nombre de becs éclairés dépasserait celui indiqué sur le compteur, il puisse en résulter aucune action contre la société à raison de la faiblesse de l'éclairage.

Art. 43. Le prix du mètre cube de gaz, vendu au compteur, est fixé à 0f,30 pour les cinquante années de la concession, sauf le cas de réduction prévu par les articles 7 et 48.

La compagnie aura le droit d'abaisser ce prix, en faveur d'une industrie déterminée, en accordant la même réduction à tous les industriels exerçant la même industrie.

Elle sera tenue de fournir en location des compteurs d'un système de son choix, à tous ceux de ses abonnés qui lui en demanderont et qui contracteront un abonnement d'une année au prix indiqué sur la police d'abonnement approuvée par l'administration.

Art. 44. Les prix de vente du gaz, livré à l'heure au moyen des becs cylindriques à double courant d'air, dits d'Argant, seront débattus, de gré à gré, entre la société et les abonnés.

La société devra, pour tous les consommateurs qui le demanderont, convertir immédiatement les abonnements à l'heure en abonnements au compteur.

Art. 45. Pendant toute la durée de la concession, le prix de tout autre bec que celui qui est déterminé dans l'article précédent, ou d'un éclairage qui aurait lieu hors des heures de service, sera débattu, de gré à gré, entre la société et les abonnés.

Il en sera de même pour les becs cylindriques percés de 20 trous qui seraient placés à l'extérieur.

Art. 46. Les abonnés ne pourront exiger d'éclairage, soit au compteur, soit au bec, que pendant le temps où les conduites de la société seront en charge pour le service ordinaire; les conditions des livraisons de gaz qui devraient avoir lieu en dehors de ce temps seront réglées, de gré à gré, entre la société et ses abonnés, sauf le cas prévu par l'article 13.

CHAPITRE VI. — Chauffage.

Art. 47. En ce qui concerne l'application du gaz au chauffage, la société se conformera à toutes les dispositions qui lui seront prescrites par l'administration municipale, sans toutefois que celle-ci puisse lui imposer des prix autres que ceux qui sont fixés pour le gaz d'éclairage dans les articles 16 et 43.

CHAPITRE VII. — Procédés étrangers au système actuel de fabrication; mode d'éclairage autre que par le gaz.

Art. 48. Si, par suite du progrès de la science, l'administration, de l'avis du conseil municipal, jugeait convenable d'imposer à la société l'emploi de procédés étrangers au système actuel de fabrication du gaz, celle-ci serait tenue de se conformer aux prescriptions de l'administration.

Dans le cas où l'emploi de ces nouveaux procédés aurait pour résultat un abaissement notable dans le prix de revient du gaz, la

société serait obligée de faire profiter l'éclairage public et particulier de cet abaissement de prix dans les proportions déterminées par l'autorité administrative, toujours de l'avis du conseil munipal.

Il en serait de même pour le cas où, sans attendre l'intervention administrative, la société aurait pris l'initiative de l'application de procédés nouveaux.

Ces stipulations ne seront applicables que par périodes de cinq ans, et après le rapport de la commission dont il sera parlé au paragraphe suivant.

Dans les derniers mois de chaque période, tous les procédés étrangers au système actuel de fabrication qui seraient jugés de nature à constituer un progrès, seront examinés par une commission qui sera désignée par le ministre de l'intérieur et qui, après avoir entendu les délégués de la compagnie, indiquera ceux des perfectionnements ou celles des inventions qui lui paraîtront pouvoir recevoir une application industrielle et manufacturière.

En cas de découverte d'un mode d'éclairage autre que l'éclairage par le gaz, l'administration se réserve le droit de concéder toute autorisation nécessaire pour l'établissement du nouveau système d'éclairage, sans être tenue à aucune indemnité envers la société actuelle.

CHAPITRE VIII. — Dispositions générales.

Art. 49. Si, pendant le cours des cinquante années de la concession, la société, par un motif quelconque, venait à cesser son exploitation ou était hors d'état de la continuer, elle serait déchue de plein droit du bénéfice du présent traité.

Dans ce cas, l'administration serait mise immédiatement en possession provisoire du matériel d'exploitation et pourvoirait au service par tel moyen qu'elle jugerait convenable.

Art. 50. La présente concession pourra être retirée à la société, si elle ne se conforme pas aux dispositions des articles 11 (§ 1er), 12, 13, 41, 43, 44, 47 et 48, et dans ce cas, l'administration sera chargée de pourvoir aux services public et particulier, et elle entrera dans l'exercice des droits qui lui sont dévolus par l'article précédent.

Art. 51. A l'expiration de ladite concession, la ville de Paris deviendra propriétaire de plein droit, et entrera de suite en possession des tuyaux, robinets, siphons, regards, valves, et généralement de tout le matériel qui existera alors sous les voies publiques.

Art. 52. L'administration emploiera les moyens qu'elle jugera convenables pour garantir l'observation exacte de tous les articles du traité dont le mode de contrôle ou de vérification n'est pas réglé.

Art. 53. Comme conséquence du présent traité, les litiges et difficultés qui existaient entre la ville de Paris et la compagnie du gaz sont définitivement éteints et amortis.

Les parties reconnaissent n'avoir aucune demande ni réclamation à se faire pour quelque cause que ce soit, et notamment en ce qui concerne les retenues à l'occasion du pouvoir éclairant antérieurement à 1861.

Les frais des procès pendants seront supportés par les parties contractantes, chacune pour ce qui la concerne.

Fait double à Paris, le 7 février 1870.

Approuvé l'écriture ci-dessus et d'autre part :
Signé Henri Chevreau.

Approuvé l'écriture ci-dessus et d'autre part :
Signé Dubochet.

Approuvé l'écriture ci-dessus et d'autre part :
Signé H. Payn.

Approuvé l'écriture ci-dessus et d'autre part :
Signé Mayniel.

Approuvé l'écriture ci-dessus et d'autre part :
Signé De Gayffier.

INSTRUCTION PRATIQUE

Donnant la marche à suivre pour les expériences relatives à la détermination journalière du pouvoir éclairant et de la bonne épuration du gaz de la Compagnie parisienne.

VÉRIFICATION DU POUVOIR ÉCLAIRANT.

La flamme de la lampe Carcel prise pour type, et celle du bec de gaz normal, sont amenées et maintenues à une égale intensité, sous le rapport du pouvoir éclairant. Quand la lampe a brûlé 10 grammes d'huile, le bec doit avoir brûlé 25 litres de gaz, s'échappant sous la pression de 2 à 3 millimètres d'eau.

1° DESCRIPTION DES APPAREILS.

LAMPE CARCEL.

	millimèt.
Diamètre extérieur du bec.	23,5
Diamètre intérieur du bec (ou du courant d'air intérieur).	17,0
Diamètre du courant d'air extérieur.	46,5
Hauteur totale du verre.	290,0
Distance du coude à la base du verre.	61,0
Diamètre extérieur au niveau du coude.	47,0
Diamètre extérieur du verre pris au haut de la cheminée.	34,0
Épaisseur moyenne du verre.	2,0

CONDITIONS DE LA MÈCHE.

Mèche moyenne, dite mèche des phares. La tresse est composée de 75 brins. Le décimètre de longueur pèse $3^{gr},6$. Les mèches doivent être conservées dans un endroit sec, ou, si le local est humide, dans une boîte contenant de la chaux vive dans un double fond; cette chaux sera renouvelée avant sa complète extinction.

CONDITION DE L'HUILE.

On emploiera de l'huile de colza épurée.

BEC A GAZ.

Le bec d'essai est un bec Bengel, en porcelaine à trente trous, avec panier et sans cône.

	millimèt.
Hauteur du bec	80,0
Distance de la naissance de la galerie au sommet du bec	31,0
Hauteur de la partie cylindrique du bec	36,0
Diamètre extérieur du cylindre en porcelaine	22,5
Diamètre du courant d'air intérieur	9,0
Diamètre du cercle sur lequel sont percés les trous	16,0
Diamètre moyen des trous	0,6
Hauteur du verre	200,0
Épaisseur du verre	3,0
Diamètre extérieur du verre { en haut	52,0
Diamètre extérieur du verre { en bas	49,0
Nombre de trous percés dans le panier	109,0
Diamètre des trous du panier	3,0

Les becs qui seront employés aux essais devront avoir été préalablement comparés aux becs-types conservés sous scellés.

2° PRÉPARATION DE L'ESSAI.

L'essai comprend l'allumage et les mesures.

ALLUMAGE DE LA LAMPE.

Mettre une mèche neuve.

La couper à fleur du porte-mèche.

Remplir la lampe exactement d'huile, jusqu'à la naissance de la galerie.

Monter la lampe.

L'allumer en maintenant d'abord la mèche à 5 ou 6 millimètres de hauteur.

Placer le verre.

Pour régler la dépense, on élève la mèche à une hauteur de 10 millimètres, et le verre de telle sorte que le coude soit à une hauteur de 2 millimètres au-dessus du niveau de la mèche.

Pour obtenir ces conditions, on fait affleurer la pointe inférieure du petit appareil qui est adapté au porte-mèche, avec la mèche elle-même, et la pointe inférieure avec un trait au diamant marqué sur le col du verre.

La lampe doit consommer 42 grammes d'huile à l'heure, et il importe de la régler à ce chiffre. Quand la consommation descend au-dessous de 38 grammes ou qu'elle s'élève au-dessus de 46 grammes, l'essai est annulé.

ALLUMAGE DU BEC.

On allume le bec, en ayant soin de faire porter la partie inférieure du verre sur la base de la galerie.

On le laisse brûler, ainsi que la lampe, une demi-heure avant de commencer l'opération.

On mesure la pression sur le manomètre adapté au porte-bec. Elle doit être de 2 à 3 millimètres d'eau.

MESURES.

Tarer la lampe. Pour cela, la placer dans le cylindre fixé à un des plateaux de la balance, et établir l'équilibre au moyen de grenailles de plomb.

Ajouter, sur le plateau où se trouve la lampe, un petit poids supplémentaire (A).

Établir la communication du fléau do la balance avec le timbre.

S'assurer, au moyen des mires, que la flamme de la lampe et celle du bec sont à la même hauteur et à une même distance de l'écran.

Ramener au zéro l'aiguille mobile sur l'axe du compteur à gaz et celle du compteur à secondes.

3e ESSAI.

Se placer derrière la lunette.

Pour obtenir des lumières égales dans les deux moitiés de l'écran, on fait varier la dépense du gaz au moyen du robinet à vis placé sur le compteur. Il est commode, pour apprécier plus sûrement les intensités relatives des deux lumières, de se servir de petites lampes mobiles au moyen d'une vis qui sert à diminuer le champ de l'instrument.

Quand le marteau frappe sur le timbre, on fait partir l'aiguille du compteur en tirant à soi le levier qui met en mouvement les deux aiguilles.

Accrocher le poids B au plateau dans lequel se trouve la lampe.

Rétablir la communication du fléau avec le timbre.

Pendant tout le temps que dure l'essai, on doit observer dans la

lunette si l'égalité des deux lumières se maintient; au besoin on la rétablit en réglant l'arrivée du gaz à l'aide d'un robinet à vis.

Au moment où le marteau frappe de nouveau sur le timbre, on presse sur le levier pour arrêter les deux aiguilles.

4° RÉSULTAT DE L'ESSAI. — CALCUL.

Lire la dépense sur le cadran du compteur.

Lire la pression sur le manomètre adapté au porte-bec.

EXEMPLE DU CALCUL.

Le compteur marque. . . . . 24 litres 5
Comme le poids B pèse. . . . . 10 gr. »

$$2,45 \times 42 = 102 \text{ litres } 9.$$

Cet essai sera répété trois fois, de demi-heure en demi-heure. La lampe et le bec allumés au commencement de l'opération serviront, dans les mêmes conditions, pour le reste de l'expérience.

On prendra la moyenne des trois résultats.

La consommation normale de la lampe étant de 42 grammes d'huile à l'heure, pour brûler 10 grammes d'huile, il faudra 14' 17".

Ainsi, le compteur à secondes permet de déterminer, dans chaque expérience, la consommation d'huile que la lampe fait par heure, et de reconnaître si l'on est dans les limites indiquées plus haut.

Par exemple, le compteur à secondes marque 15' 30", soit 15,5.

D'après la proportion suivante on aura :

$$10 : 15,5 :: x : 60.$$

$x = 38$ grammes 7, consommation d'huile de la lampe par heure.

5° VÉRIFICATION DU COMPTEUR.

Elle doit être faite tous les huit jours, en présence d'un agent de la compagnie.

PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.

Remplir d'eau le gazomètre.

Y introduire le gaz. Pour cela, on ouvre le robinet qui donne accès au gaz, et en même temps celui qui laisse écouler l'eau.

Recueillir dans un vase l'eau qui s'échappe et l'introduire dans le réservoir supérieur.

Le gazomètre étant plein de gaz, fermer le robinet inférieur.

On doit s'assurer, alors, s'il n'y a pas de fuite dans l'ensemble des appareils. Pour cela, on ferme le robinet du porte-bec, on ouvre le robinet qui met en communication le gazomètre et le compteur, ainsi que le robinet à vis. On fait couler un peu d'eau du réservoir dans le gazomètre jusqu'à ce que le manomètre marque une pression de $0^{m},050$ d'eau. Si cette pression n'a pas varié au bout de cinq minutes, il n'y a pas de fuite dans l'appareil.

EXPÉRIENCE.

Ramener à zéro l'aiguille du compteur.

Ouvrir en plein le robinet du compteur et celui du porte-bec.

Faire écouler l'eau du réservoir dans le gazomètre, au moyen du robinet disposé à cet effet.

On règle l'écoulement de l'eau au moyen de ce robinet, de telle sorte que la pression indiquée par le manomètre ne dépasse pas $0^{m},003$.

Quand le niveau de l'eau dans le gazomètre se trouve au zéro de l'échelle, faire partir l'aiguille mobile du compteur.

Quand le niveau de l'eau arrive dans le gazomètre au degré 25, on arrête l'aiguille mobile du compteur.

On lit la division marquée par cette aiguille; si ces deux nombres sont d'accord, le compteur est exact.

Dans le cas où le nombre de litres représentés par la marche du compteur et celui qui serait indiqué par le gazomètre ne serait pas d'accord, on répétera l'expérience trois fois chaque jour pendant toute la semaine, et on prendra la moyenne.

Si la dépense du compteur, mesurée au gazomètre, présente des variations qui dépassent 1 p. 100, c'est-à-dire $0^{lit},25$, ou bien 2,5 divisions pour 25 litres du compteur, celui-ci doit être mis en réparation et remplacé.

VÉRIFICATION DE LA BONNE ÉPURATION DU GAZ.

L'appareil consiste en un bec de porcelaine B, semblable à celui qui est adopté pour la détermination du pouvoir éclairant. Il est monté sur un petit réservoir à gaz M, muni d'un manomètre à eau. Le bec traverse un plateau sur lequel on pose une cloche tu-

bulée en verre C. La tubulure communique avec un tube de plomb, qui déverse le gaz au dehors ou dans une cheminée.

1° PRÉPARATION DU PAPIER D'ÉPREUVE.

Plonger des feuilles de papier blanc, non collé, dans une dissolution d'acétate neutre de plomb dans l'eau distillée, contenant 1 de ce sel pour 100 d'eau.

Sécher ces feuilles de papier à l'air, les couper en bandes de 1 centimètre de large sur 5 centimètres de long et les conserver dans un flacon à l'émeri, à large goulot.

2° ESSAI.

Suspendre une bande de papier F, ainsi préparée, dans la cloche C de l'appareil.

Ouvrir le robinet R pour y faire arriver le gaz. Le manomètre M doit indiquer une pression de 2 à 3 millimètres d'eau pendant la durée de l'expérience.

Laisser la bande de papier dans le courant du gaz pendant la durée de l'un des essais relatifs au pouvoir éclairant, c'est-à-dire pendant un quart d'heure.

Retirer la bande.

Écrire sur la bande le numéro du bureau et la date.

La bande de papier ne doit pas brunir par l'action du gaz. Si elle ne s'est pas colorée, l'essayeur la renferme dans un flacon à l'émeri à large goulot, où il conserve toutes les bandes d'un même trimestre.

Si la bande de papier imprégnée d'acétate de plomb brunit ou noircit par son séjour dans la cloche, on réitère l'essai.

L'une des bandes, numérotée et datée, est conservée dans le flacon à l'émeri.

L'autre bande, également numérotée et datée, et de plus revêtue de la signature de l'essayeur, est envoyée, sous pli cacheté, à M. le directeur de la voie publique de la ville de Paris.

Paris, le 12 décembre 1860.

V. REGNAULT,	J. DUMAS, sénateur,
Administrateur de la manufacture impériale de Sèvres, membre de l'Académie des sciences,	*Membre de l'Académie des sciences, président du conseil municipal.*

ÉTABLISSEMENT DES USINES A GAZ.

NOUVELLE LÉGISLATION.

L'ordonnance du 27 janvier 1846, qui réglementait l'installation des usines à gaz, vient d'être remplacée par le décret suivant :

DÉCRET.

Napoléon, par la grâce de Dieu et la volonté nationale, Empereur des Français,

A tous présents et à venir, salut.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État au département de l'agriculture, du commerce et des travaux publics;

Vu l'ordonnance royale du 26 janvier 1846, concernant les établissements d'éclairage par le gaz hydrogène;

Vu le décret du 31 décembre 1866;

Vu l'avis du comité consultatif des arts et manufactures;

Notre Conseil d'État entendu,

Avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1er. — Les usines et ateliers de fabrication du gaz d'éclairage et de chauffage pour l'usage public, et les gazomètres qui en dépendent, sont soumis aux conditions ci-après :

Art. 2. — Les usines sont fermées par un mur d'enceinte ou une clôture solide en bois, de 3 mètres de hauteur au moins; les ateliers de fabrication et *les gazomètres sont à la distance de 30 mètres des maisons d'habitation voisines.*

Art. 3. — Les ateliers de distillation et tous les bâtiments y attenant seront construits et couverts en matériaux incombustibles.

Art. 4. — La ventilation desdits ateliers doit être assurée par des ouvertures sufisamment larges et nombreuses, ménagées dans les parois latérales et à la partie supérieure du toit.

Art. 5. — Les appareils de condensation sont établis en plein air ou dans des bâtiments dont la ventilation est assurée comme celle des ateliers de distillation.

Art. 6. — Les appareils d'épuration sont placés vers le centre de l'usine, en plein air ou dans des bâtiments dont la ventilation

est assurée comme celle des ateliers de distillation et de condensation.

Art. 7. — Les eaux ammoniacales et les goudrons produits par la distillation, qu'on n'enlèverait pas immédiatement, seront recueillis dans des citernes exactement closes et qui devront être parfaitement étanches.

Art. 8. — L'épuration sera pratiquée avec les soins et précautions nécessaires pour qu'aucune odeur incommode ne se répande en dehors de l'enceinte de l'usine. La chaux ou les laits de chaux, s'il en est fait usage, seront enlevés, chaque jour, dans des vases ou tombereaux fermant hermétiquement, et transportés dans une voirie ou dans un local désigné par l'autorité municipale.

Art. 9. — Les eaux de condensation peuvent être traitées dans l'usine elle-même pour en extraire les sels ammoniacaux qu'elles contiennent, à la condition que les ateliers soient établis vers la partie centrale de l'usine, et qu'il n'en sorte aucune exhalaison nuisible ou incommode pour les habitants du voisinage et que l'écoulement des eaux perdues soit assuré sans inconvénient pour le voisinage.

Art. 10. — Les goudrons ne pourront être brûlés dans les cendriers et dans les fourneaux qu'autant qu'il n'en résultera, à l'extérieur, ni fumée ni odeur.

Art. 11. — Les bassins dans lesquels plongent les gazomètres seront construits en pierres ou briques à bain de mortier hydraulique, en tôle ou en fonte.

Art. 12. — Les gazomètres seront établis à l'air libre; la cloche de chacun d'eux sera maintenue entre des guides fixes, solidement établis, de manière que, dans son mouvement, son axe ne s'écarte pas de la verticale. La course ascendante en sera limitée, de telle sorte que, lorsque la cloche atteindra cette limite, son bord inférieur soit encore à un niveau inférieur à $0^m,30$ au moins au bord du bassin ou cuve.

La force élastique du gaz dans l'intérieur du gazomètre sera toujours maintenue au-dessus de la pression atmosphérique. Elle sera indiquée par un manomètre très-apparent.

Art. 13. — Les usines et appareils mentionnés ci-dessus pourront, en outre, être assujettis aux mesures de précaution et dispositions qui seraient reconnues utiles dans l'intérêt de la sûreté et de la salubrité publiques, et qui seraient déterminées par un règlement d'administration publique.

Art. 14. — Les usines et ateliers régis par le présent décret seront soumis à l'inspection de l'autorité municipale chargée

de veiller à ce que les conditions prescrites soient observées.

Art. 15. — Les dispositions de l'ordonnance précitées du 17 janvier 1846 sont et demeurent rapportées.

Art. 16. — Notre ministre secrétaire d'État au département de l'agriculture, du commerce et des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois*.

Fait au palais des Tuileries, le 9 février 1867.

Signé NAPOLÉON.

Par l'Empereur,

Le Ministre secrétaire d'État au département de l'agriculture, du commerce et des travaux publics,

Signé DE FORCADE.

Pour bien faire apprécier à nos lecteurs les modifications que le décret ci-dessus apporte à la législation en vigueur jusqu'à ce jour, il nous suffira de reproduire ici la circulaire adressée au sujet de ce décret à MM. les préfets par le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Voici le texte de cette circulaire :

Paris, le 28 février 1867.

INSTRUCTION POUR L'EXÉCUTION DU DÉCRET DU 9 FÉVRIER 1867.

Monsieur le préfet,

La nomenclature des établissements réputés insalubres, dangereux ou incommodes, annexée au décret impérial du 31 décembre 1866, a rangé dans la 2e classe la fabrication du gaz d'éclairage et de chauffage pour l'usage public, et dans la 3e classe la même fabrication pour l'usage particulier, ainsi que les gazomètres pour l'usage particulier non attenants aux usines de fabrication.

Ce classement est à peu près le maintien de celui qui existait antérieurement; mais ce qui concerne le gaz est soumis, en outre, à des conditions spéciales prescrites par l'ordonnance royale du 27 janvier 1846, et il a paru convenable de reviser ce régime en tenant compte des progrès réalisés.

Tel est l'objet du décret impérial du 9 février 1867, rendu après examen du comité consultatif des arts et manufactures et sur l'avis du Conseil d'État, décret dont vous trouverez le texte à la suite de la présente circulaire et dont je dois vous faire connaître l'esprit et la portée.

Il convient de remarquer d'abord que l'ordonnance de 1846 s'appliquait indistinctement à la fabrication du gaz pour les usages publics et les usages privés ; tandis que le nouveau décret, qui le remplace en l'abrogeant, n'a plus jugé nécessaire de réglementer, d'une manière spéciale, que les usines fabriquant pour l'usage public ; les appareils destinés aux besoins privés ne devant plus, dès lors, être soumis qu'aux conditions particulières de l'acte administratif qui en aura autorisé l'établissement.

En second lieu, vous reconnaîtrez, Monsieur le préfet, qu'on s'est attaché à retrancher de la réglementation spéciale tout ce qui pouvait être une gêne trop grande pour le développement d'une industrie dont la nécessité est chaque jour plus démontrée.

Déjà l'administration, désireuse de hâter le développement de cette industrie en lui laissant toutes les facilités compatibles avec la sécurité publique, avait accueilli favorablement les réclamations qui lui avaient été adressées, au sujet de la prohibition contenue dans l'article 6 de l'ordonnance de 1846, lequel interdisait l'emploi de toute substance animale pour la fabrication du gaz, et un décret, en date du 7 mai 1865, a rapporté cette prohibition.

Le règlement nouveau, s'inspirant du même esprit, supprime tout ce qui, dans l'ordonnance de 1846 (art. 17 et 24), était relatif à la construction, à l'emploi du gazomètre et aux épreuves que devaient subir les récipients portatifs pour le gaz. Il a été reconnu, en effet, que les dispositions dont il s'agit n'avaient plus aujourd'hui leur raison d'être, et n'étaient plus en harmonie avec les progrès accomplis dans cette industrie depuis vingt ans.

Le nouveau règlement dispense, en outre, les usiniers de l'obligation que leur imposait l'article 14 de l'ordonnance, d'être pourvus de deux ou plusieurs gazomètres, selon l'importance de leur fabrication ; il supprime également l'obligation qui leur était imposée de surmonter de tuyaux et de cheminées toutes les ouvertures des ateliers ; enfin, il réserve à chaque fabricant, moyennant certaines conditions, la possibilité de traiter, dans son usine même, les eaux de condensation pour en extraire les sels ammoniacaux qu'elles peuvent contenir.

Ces simples indications suffisent pour faire ressortir les avantages que, dans son ensemble, la nouvelle réglementation présente

aux industriels. J'y ajouterai seulement quelques explications sur les principales dispositions du décret.

Aux termes de l'article 2 : 1° les usines à gaz devront être entourées d'un mur ou d'une clôture solide en bois, de 3 mètres de hauteur au moins; 2° les ateliers de fabrication, ainsi que les gazomètres, devront être séparés des habitations voisines par une distance d'au moins 30 mètres.

Il est bien entendu que la condition d'éloignement des habitations ne concerne que les usines qui se formeraient à l'avenir. S'il en était autrement, en effet, certains établissements actuellement existants se trouveraient frappés d'une sorte de suppression qui ne saurait être dans les intentions du règlement. Vous devrez donc seulement, Monsieur le préfet, n'autoriser désormais les usines à gaz qu'en les obligeant à satisfaire à la condition d'éloignement exigée par le décret.

Quant à la première partie de cet article et à l'ensemble des autres dispositions du décret, l'application en principe doit en être immédiate. Mais, avant de formuler des prescriptions à cet égard pour chaque établissement, vous devrez vous faire rendre un compte exact de la situation de l'usine, de son emplacement, de la possibilité ou de l'impossibilité qu'il y aurait de construire un mur ou la clôture exigés. Vous aurez aussi, avant d'ordonner l'exécution de ces travaux, à tenir compte de la difficulté qu'ils pourraient rencontrer, soit au point de vue de la situation existante, soit au point de vue de la dépense qu'ils occasionneraient, et vous pourrez, suivant les circonstances, user momentanément de tolérance, en attendant, pour la réalisation de ces travaux, les délais que vous jugeriez convenables.

C'est l'article 9 qui, comme je l'ai déjà indiqué, laisse aux propriétaires d'usines à gaz, et sous certaines conditions, la faculté de traiter, dans leur établissement même, les eaux de condensation qu'ils peuvent recueillir pour en extraire les sels ammoniacaux. Vous devrez, Monsieur le préfet, veiller à ce que les conditions qu'impose cet article soient convenablement observées, surtout en ce qui concerne les exhalaisons nuisibles et l'écoulement des eaux, de manière à sauvegarder les intérêts de la salubrité publique et ceux des habitations voisines.

Les articles 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 renferment, sauf ce qui a été indiqué ci-dessus, à peu près les mêmes dispositions que les articles correrpondants de l'ordonnance de 1846.

Ces diverses prescriptions ne peuvent être l'objet d'aucun embarras, d'aucune gêne sérieuse pour les propriétaires d'usines à

gaz, pourvu que l'on tienne compte des recommandations qui précèdent touchant les ménagements qu'il convient d'apporter à l'application de l'article 2 du nouveau règlement.

Je compte beaucoup, du reste, Monsieur le préfet, sur votre sollicitude éclairée, pour faciliter la transition du régime ancien au régime inauguré par le nouveau décret; mais, si vous rencontriez dans l'application quelques difficultés qui vous fissent désirer d'avoir l'avis du comité consultatif des arts et manufactures, vous pourriez m'en référer, et vous me trouverez disposé à vous faciliter la solution des questions que vous auriez à résoudre au début de ce nouveau régime pour l'idustrie du gaz.

Veuillez m'accuser réception de cette circulaire.

Recevez, Monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics,

Signé De Forcade.

N° 25

NOTICE HISTORIQUE

Sur le nivellement général du département du Nord et sur la carte au 40.000e, annexe de cette opération.

Par M. RAILLARD,
Ingénieur en chef des ponts et chaussées du département du Nord.

Le 11 août 1865, M. le marquis de Chasseloup-Laubat, alors ministre de la marine et président de la Société de géographie, adressa, à tous les conseils généraux de la France, une circulaire dans laquelle il appelait leur attention sur les avantages importants que les départements devaient retirer d'un nivellement détaillé qui resserrerait, sur leur territoire, les mailles du réseau dont l'État venait de tracer le canevas sur tout le sol français, en faisant niveler à ses frais et jalonner, par la pose de plus de 15.000 repères métalliques, de grandes lignes de bases qui développaient ensemble un parcours de 14.980 kilomètres.

M. de Chasseloup-Laubat faisait connaître que le Gouvernement offrait de prendre à sa charge la moitié de la dépense de ces opérations complémentaires, et il recommandait, pour diriger ces travaux délicats, M. Bourdaloue qui venait de se signaler dans le nivellement de l'isthme de Suez, dans celui du département du Cher et dans l'opération magistrale du nivellement général des grandes lignes de base de la France.

Cette communication fut favorablement accueillie par le conseil général du Nord qui, dans sa séance du 28 août 1875, accepta les offres du Gouvernement et de M. Bour-

daloue, et vota un crédit de 5.000 francs pour exécuter immédiatement le nivellement général du département.

Toutefois, trois années furent employées à étudier la question des voies et moyens, ainsi que celle des bases du travail, et aussi à négocier, d'une part, avec le ministère des travaux publics, et, d'autre part, avec M. Leclère, conducteur principal des ponts et chaussées, ancien collaborateur de M. Bourdaloue, et qui, sur le désistement de celui-ci, fondé sur son âge et ses infirmités, s'offrait pour entreprendre l'opération projetée.

Ces négocations, entamées vers la fin de 1865, par M. Kolb, alors ingénieur en chef du département du Nord (*), furent poursuivies en 1867 et 1868, par son successeur M. l'ingénieur en chef Lemaître (**) et la tâche m'échut en 1869, de faire accepter par M. Leclère le projet de traité approuvé le 31 mars 1868 par le ministre des travaux publics, et le 28 août suivant par le conseil général du Nord.

Le programme adopté était le suivant :

1° Nivellement, d'après le mode suivi pour le nivellement général de la France, d'un réseau de 4.280 kilomètres, embrassant toute l'étendue dans le département du Nord, des routes nationales, des routes départementales, des chemins de grande communication et d'intérêt commun, des voies navigables et des cours d'eau non navigables activant des usines, le tout au prix de 17f,50 par kilomètre ;

2° Fixation sur le terrain, des résultats de l'opération au moyen d'environ 3.000 repères métalliques, identiques

(*) Nommé inspecteur général des ponts et chaussées le 10 novembre 1866, et remplacé le 1er janvier 1867 par M. l'ingénieur en chef Lemaître.

(**) Chargé le 1er octobre 1868 du service de la navigation de la basse Seine, et remplacé à la même date au service ordinaire du Nord par l'auteur de la présente notice.

à ceux du nivellement général de la France, et payés à raison de 4f,50 l'un, fourniture, transport et pose compris;

3° Fourniture, à 300 exemplaires, d'un ouvrage en un ou plusieurs volumes, contenant le texte descriptif, ainsi que les cotes d'altitude de tous les points nivelés, et imprimé suivant le type adopté pour le nivellement général de la France, le prix de cette fourniture étant compris dans celui de 17f,50 afférent au kilomètre nivelé ;

4° Exécution du travail en quatre années; payement de la dépense, évaluée en totalité à la somme de 90.000 fr., en quatre annuités égales, à la charge, par moitié, de l'État et du département.

Dans le programme primitif que M. Leclère avait étudié en 1865, et soumis à l'administration le 5 juin 1866, figurait, à côté du réseau principal de nivellement indiqué au § 2 ci-dessus, un réseau supplémentaire de 3.000 kilomètres de développement, suivant les chemins communaux et les petits cours d'eau, et qui devait également être nivelé, mais sans qu'il y fût posé de repères métalliques. De plus, M. Leclère proposait de fournir comme annexe du nivellement une carte au 80.000e, en deux couleurs, tirée à 1.000 exemplaires et sur laquelle tous les points nivelés auraient été indiqués avec leurs cotes d'altitude.

Le réseau supplémentaire fut supprimé dès le principe par mesure d'économie; mais la fourniture de la carte annexe fut maintenue dans les divers programmes résultant des négociations de 1867 et 1868, et finalement l'entrepreneur offrit, moyennant une somme de 21.000 francs à forfait, de fournir 300 exemplaires à l'échelle du 50.000e et en deux couleurs de ce document. Ce devrait être une simple copie des feuilles courantes de la carte du dépôt de la guerre, agrandies et groupées par arrondissements politiques.

Mais, par sa décision du 31 mars 1868, citée plus haut, M. le ministre des travaux publics ordonna que la fourni-

ture de cette carte serait retranchée de l'entreprise, pour faire l'objet d'un traité particulier, que les ingénieurs passeraient directement avec un graveur et dont ils dirigeraient l'exécution.

C'est sur ces bases que fut produite par M. Leclère, le 30 janvier 1869, une soumission qui reçut l'approbation préfectorale le 5 février suivant, et qu'il n'est pas sans utilité de reproduire ici.

Cette soumission est conçue dans ces termes :

Le soussigné, Jean-Louis Leclère, conducteur principal des ponts et chaussées, chargé de la conservation des archives du nivellement général de la France, faisant élection de domicile dans les bureaux, à Lille, de M. l'ingénieur en chef du service du département du Nord, se soumet et s'engage, par le présent acte, à exécuter le nivellement complémentaire du département du Nord, conformément aux clauses et conditions suivantes :

Art. 1er. — Le réseau du nivellement s'étendra aux voies de communication et cours d'eau dont la nomenclature suit (*) :

		kilomètres.
6	Rivières navigables et flottables développant ensemble.	290
75	Cours d'eau servant de force motrice à des usines. . .	1.000
18	Canaux.	361
15	Routes impériales.	590
26	Routes départementales.	516
72	Chemins vicinaux de grande communication.	857
122	Chemins vicinaux d'intérêt commun.	665
	Longueur totale à niveler et à repérer. . . .	4.280

Art. 2. — Les lignes ci-dessus seront repérées au moyen de repères métalliques en tout semblables à ceux prescrits par la décision ministérielle du 15 novembre 1858, y compris la plaque indicatrice.

Ce n'est qu'après que les opérations seront calculées et arrêtées que la plaque donnant l'altitude au-dessus du niveau moyen de la

(*) La soumission donnait le détail des rivières navigables et des canaux; mais il a paru sans intérêt de le rappeler dans la présente notice.

mer Méditerranée à Marseille (décision ministérielle du 30 janvier 1860), sera posée à chaque repère.

Art. 3. — Premier paragraphe retranché (*).

En outre, le texte descriptif de tous les points nivelés formera un ouvrage imprimé comprenant plusieurs volumes qui auront même justification que ceux du nivellement des lignes de base.

Ce texte sera tiré au nombre de 300 exemplaires dont l'administration se réserve l'usage.

Art. 4. — Les méthodes et procédés de ce nivellement seront les mêmes que ceux qui ont été suivis pour le nivellement des grandes lignes de base; chacune des lignes sera parcourue et nivelée deux fois, de manière à avoir quatre nivellements de la même ligne, et par conséquent, quatre déterminations de la différence de niveau d'un repère au suivant.

En cas de désaccord entre ces déterminations, on procédera à de nouvelles opérations jusqu'à ce qu'on ait obtenu un résultat satisfaisant.

On n'opérera jamais que sur des polygones; ceux-ci devront se fermer de façon que l'écart ne dépasse pas deux à trois centimètres.

Art. 5. — Toutes les observations originales seront visées *ne varietur*, on les réunira en volumes qui deviendront la propriété de l'administration, afin qu'elle puisse y avoir recours au besoin; il en sera de même des registres qui auront servi à résumer le résultat des opérations.

Art. 6. — Le prix par kilomètre nivelé sera de 17f,50; ce prix comprend, outre les opérations de nivellement :

1° La direction des observation relatives à la pose des repères;

2° (Retranché) (**);

3° La fourniture et l'impression du texte descriptif de tous les points nivelés formant plusieurs volumes tirés à 300 exemplaires.

Art. 7. — Le soumissionnaire fournira, au prix de 2f,50 l'un, les repères que l'administration lui demandera; ces repères seront conformes au modèle indiqué par la circulaire du 15 novembre 1858.

Le prix ci-dessus comprend la fourniture des repères et de la plaque altitudinale rendus dans chaque chef-lieu d'arrondissement.

Le soumissionnaire se chargera, en outre, de la pose des repères,

(*) Ce paragraphe concernait la fourniture de la carte annexe au 50.000e.

(**) Ce paragraphe était relatif à l'exécution et à la fourniture de de la carte annexe.

à raison de 1f,25 l'un, et de la pose des plaques, à raison de 0f,75 l'une, à la condition toutefois que l'administration les fera transporter du chef-lieu d'arrondissement à pied d'œuvre.

Art. 8. — (Retranché) (*).

Art. 9. — Si l'administration désire avoir plus de 300 exemplaires du texte descriptif des points nivelés que doit fournir le soumissionnaire, elle devra en faire la demande au moment du tirage de ces trois cents exemplaires, c'est-à-dire avant la décomposition des formes.

Chaque volume supplémentaire de 500 pages environ sera payé à raison de 2f,50 l'un, à la condition qu'il en sera demandé au moins 100 exemplaires.

Art. 10. — Le travail sera terminé en quatre années ; il sera exécuté sous le contrôle des ingénieurs du département, qui auront la faculté d'employer tous les moyens de vérification qu'ils jugeront convenables pour s'assurer, au fur et à mesure de l'avancement des opérations, que tout s'accomplit dans les conditions voulues pour inspirer une confiance entière dans les résultats.

Art. 11. — Les sommes dues au soumissionnaire seront payées moitié par l'État et l'autre moitié par le département du Nord ; elles seront acquittées en quatre annuités, sur certificats de payement et mandats délivrés par l'ingénieur en chef.

Art. 12. — Pour le cas où les vérifications opérées par le service du contrôle feraient reconnaître l'inexécution d'une ou plusieurs des conditions stipulées dans les articles précédents, l'administration se réserve le droit de résilier le présent marché.

Lorsque cette soumission eut été approuvée, je remis à M. Leclère une première série des tableaux descriptifs qui avaient été dressés sous ma direction par les ingénieurs des divers services intéressés, ainsi que par les agents du service vicinal, et qui indiquaient, pour chaque ligne à niveler, les repères naturels sur lesquels des cotes d'altitude devaient être prises, ainsi que les emplacements où les repères métalliques étaient à sceller, et les distances respectives de tous ces repères.

A l'imitation de ce qui s'est fait pour le nivellement

(*) Cet article se rapportait à la carte annexe, dont il indiquait les dispositions de détail.

général de la France, on donna le nom de « repères naturels » à certaines parties de monuments et d'édifices publics ou particuliers, telles que seuils de portes, appuis de fenêtres, plinthes, assises de couronnement, dessus de parapets, etc., dont l'altitude était à relever. Quant aux « repères métalliques », ils devaient, ainsi qu'on vient de le voir à l'article 2 du traité, être identiques, comme forme et comme dimensions, à ceux des grandes lignes de base du nivellement général de la France.

Ainsi pourvu, l'entrepreneur mit la main à l'œuvre. Mais le mauvais temps des premiers mois de l'année 1869, les brumes si fréquentes du climat du Nord et les tâtonnements inévitables dans une entreprise de ce genre ne permirent pas à M. Leclère de commencer ses opérations avant le 20 mai. Toutefois le travail marcha bientôt avec une activité très-satisfaisante, et tout faisait présumer qu'il serait achevé dans les délais convenus, lorsque survint la guerre, puis la commune, puis la mort de M. Leclère, auquel son fils et collaborateur fut substitué par arrêté préfectoral du 5 avril 1871, et tous ces événements apportèrent dans les opérations, plusieurs fois interrompues et reprises, des retards dont l'ensemble dépassa une année.

Ainsi, par exemple, les carnets contenant les opérations de chaque journée étaient envoyés le soir même, par les opérateurs, au dépôt des cartes et plans du ministère des travaux publics, où ils étaient vérifiés, visés, puis transmis à M. Leclère pour le calcul des cotes ; et l'on comprend que cette double transmission dut être suspendue du mois d'août 1870 au mois de juin 1871.

Aujourd'hui cette entreprise, si développée et si complexe, se trouve enfin terminée, et elle a produit les résultats suivants :

L'étendue des lignes nivelées qui, d'après les évaluations primitives, ne devait être que de 4.280 kilomètres, a été portée à 4.651 kilomètres, et le nombre des repères

métalliques a naturellement reçu une augmentation proportionnelle. Il s'est élevé de 3.000 à 3.149, ce qui donne une distance moyenne de 1.477 mètres entre deux repères métalliques consécutifs.

Cette extension de l'opération provient uniquement de ce que l'on avait omis, dans le principe, de tenir compte d'un certain nombre de voies ferrées que l'on croyait peut-être comprises dans le réseau des grandes lignes de base du nivellement général de la France. En cours d'exécution, on jugea indispensable de combler cette lacune, tant à cause de l'importance même de ces lignes que pour mieux relier, avec les opérations des autres régions du département, celles des arrondissements de Valenciennes et d'Avesnes que les grandes lignes de base ne traversent pas.

De plus, comme il existe dans le département 61 chefs-lieux de communes, situés à l'écart des lignes qui étaient à niveler suivant le programme adopté, M. l'agent voyer en chef jugea, non sans raison, qu'il serait utile de rattacher ces points à l'opération générale, et il traita directement avec M. Leclère pour faire exécuter, sur les fonds propres du service vicinal, ce rattachement qui donna lieu au nivellement de 137 kilomètres et à la pose de 69 repères métalliques supplémentaires.

En somme, le développement des lignes nivelées, le nombre des repères métalliques scellés le long de ces lignes et celui des repères naturels sur lesquels des cotes d'altitude ont été relevées et calculées, se répartissent comme il suit :

	LONGUEUR des lignes nivelées.	NOMBRE DES REPÈRES	
		métalliques.	naturels.
	kilomètres.	Repères.	Repères.
1° Chemins de fer.	261	199	67
2° Voies navigables (rivières et canaux).	646	448	460
3° Routes nationales.	592	423	531
4° Routes départementales.	513	332	442
5° Cours d'eau non navigables.	1.041	709	323
6° Chemins vicinaux de grande communication.	864	535	658
7° Chemins vicinaux d'intérêt commun.	734	503	220
8° Chefs-lieux des communes.	137	69	31
Totaux.	4.788	3.218	2.732

La description de tous ces repères et leur cote d'altitude sont donnés dans un volume imprimé de 610 pages, composé sur le type des volumes analogues du nivellement général de la France, et que l'entrepreneur du nivellement général du Nord a fourni à 300 exemplaires, conformément à l'article 3 de sa soumission (*).

Enfin pour que ce texte descriptif comprît toutes les indications de relief relevées jusqu'à présent dans le département, on y a reproduit la description et la cote d'altitude de chacun des repères des lignes magistrales du nivellement général de la France qui traversent le département du Nord, ce qui a ajouté au nivellement secondaire 194 kilomètres nivelés, 186 repères métalliques scellés et 3 repères naturels.

(*) Il a été relevé un nombre de repères naturels beaucoup plus grand que celui de 2.732 qui figure au tableau ci-dessus. Mais on a pensé qu'il ne fallait porter au texte descriptif imprimé que ces 2.732 repères qui, pris sur des édifices publics, présentent le plus de garanties de conservation. Tous les autres sont, d'ailleurs, inscrits dans des tableaux synoptiques manuscrits qui ont été déposés, avec les carnets élémentaires du nivellement, aux archives départementales, à Lille, où les intéressés pourront les consulter au besoin.

On a donc aujourd'hui, dans le département du Nord, un réseau de nivellement de 4.982 kilomètres (près de 1.250 lieues) d'étendue, jalonné par 3.404 repères métalliques scellés et par 2.735 repères naturels, dont la description et l'altitude, par rapport au niveau moyen de la Méditerranée à Marseille, sont consignés dans un ouvrage que les administrations civiles et militaires pourront conserver dans leurs archives, et qui leur rendra les plus utiles services dans une multitude de circonstances d'utilité publique.

Les dépenses de l'opération ne sont pas encore entièrement liquidées, mais on peut tenir pour certain qu'elles ne dépasseront pas de plus de 5.000 à 6.000 francs, le montant de l'évaluation primitive qui était, comme on l'a vu, de 90.000 francs.

J'ai dit précédemment que l'on avait formé, dans le principe, le projet de compléter ce grand travail par l'établissement d'une carte sur laquelle tous les points nivelés seraient reportés dans leur remplacement et avec l'inscription de leur cote d'altitude.

La dernière soumission de M. Leclère, en date du 17 août 1867, contenait, à ce sujet, les dispositions suivantes :

Art. 3. — Autant que faire se pourra, les résultats de ces diverses opérations seront inscrits sur une carte à l'échelle de 1 mètre pour 50.000 mètres, amplifiée d'après les minutes de l'état-major, moins les hachures qui seront avantageusement remplacées par les cotes de nivellement; cette carte sera gravée sur pierre et tirée à deux teintes; les cours d'eau et les cotes qui les concernent seront figurés en bleu; les autres lignes et cotes seront en noir.

Art. 6, § 2. — Le prix par kilomètre nivelé comprend, outre les opérations du nivellement, la direction des opérations relatives à la fourniture et à la gravure des cartes mentionnées ci-dessus.

Art. 8. — Le département formera un atlas de sept cartes (une par arrondissement) ; elles seront gravées à l'échelle de 1 mètre pour 50.000 mètres.., chaque carte d'arrondissement tirée à 300

exemplaires sera payée 3.000 francs, quelle que soit l'étendue de l'arrondissement.

Pour les exemplaires supplémentaires comprenant les sept cartes, ils seront livrés à raison de 15 francs l'un, à la condition toutefois qu'il en sera demandé au moins 100 exemplaires, et cela dans les six mois de la publication.

Mais, comme on l'a vu plus haut, l'administration supérieure des travaux publics fit retrancher ce travail de l'entreprise, et cette décision fut heureuse pour le département, car elle permit au conseil général du Nord de reprendre l'affaire plus tard sur des bases fort différentes, et celles qu'il adopta, après de nombreuses études de la question, ont produit un résultat incomparablement plus avantageux, à tous les points de vue, que celui qui aurait été obtenu avec la combinaison primitive.

Le 10 novembre 1871, le conseil général du Nord décida qu'il convenait de faire profiter le public du travail important du nivellement général du département, en mettant à sa disposition une carte qui en constituerait le complément naturel et indispensable, et dont le tirage serait assez considérable et le prix de vente assez réduit pour qu'elle devînt d'un usage général dans le département.

En conséquence, il fut arrêté que le travail d'une carte du département par arrondissement, à l'échelle du 50.000e serait commencé le plus promptement possible; que l'ingénieur en chef des ponts et chaussées serait invité par M. le préfet à présenter au conseil général des propositions à ce sujet; qu'il serait demandé à l'État de participer à la dépense dans la même proportion que pour le nivellement.

Je m'acquittai de la mission qui m'était confiée, et le 17 juillet 1872, je produisis une étude que le conseil général du Nord approuva dans sa séance du 22 août suivant, et qui constituait le programme ci-après :

1° La carte serait à l'échelle du 50.000e et divisée en

six feuilles du format dit *grand monde*, de 0m,90 sur 1m,20.

2° Chaque feuille serait affectée à un arrondissement distinct, à l'exception d'une seule sur laquelle on réunirait les arrondissements de Douai et de Valenciennes.

3° Cette carte reproduirait toutes les indications de celle du dépôt de la guerre, au 80.000e, à l'exception des hachures représentant le relief du sol, lesquelles seraient remplacées par la désignation de l'emplacement et de l'altitude de chacun des repères du nivellement général du département.

4° Chaque feuille, sauf l'espace à réserver aux titres et légendes, serait couverte jusqu'au cadre, en réduisant aux principales les indications à mettre en dehors des limites de l'arrondissement auquel se rapporterait spécialement la carte, à l'imitation de ce qui a été fait sur les cartes du dépôt de la guerre pour les fragments des pays limitrophes de la France.

5° Cette carte serait tirée en quatre couleurs, affectées, savoir : le *noir*, aux écritures, bâtiments, voies de communication de fer et de terre et limites territoriales; le *bleu*, aux rivières, canaux, étangs et cours d'eau quelconques; le *rouge*, aux repères du nivellement général; le *vert*, à la végétation.

6° Il en serait tiré 3.000 exemplaires complets, soit 18.000 feuilles d'arrondissement : 2.000 exemplaires pour être distribués aux divers services publics et aux communes; 1.000 exemplaires pour être livrés au commerce et vendus, au profit du département, au prix de 10 francs l'exemplaire complet de 6 feuilles distinctes, et 2 francs la feuille séparée contenant un arrondissement.

7° Enfin la dépense totale du travail serait prise en charge par le département, qui demanderait à l'État un subside, sur les fonds du trésor, de 12.500 francs, équivalant à la moitié des frais d'établissement de la première

épreuve, comme complément naturel et nécessaire de la dépense du nivellement général du Nord.

La suppression des courbes et hachures indiquant le relief sur les cartes du dépôt de la guerre était motivée par le désir de rendre la carte plus claire, et surtout par la nécessité d'en réduire la dépense qui, sans cela, se serait élevée à un chiffre très-considérable. Du reste, la suppression du troisième réseau de nivellement primitivement projeté ne permettait pas de calculer directement les courbes de niveau, et il eût fallu s'en rapporter aux nivellements du dépôt de la guerre, dont la représentation sur les cartes de notre région, non-seulement n'est pas à l'abri de tout reproche d'inexactitude, mais encore ne se trouve pas suffisamment graduée, pour donner une idée fidèle du relief du sol dans une contrée aussi peu mouvementée. On pensa donc que les cotes des nombreux repères du nivellement général du département remplaceraient avantageusement ces indications, jusqu'au moment où des nivellements complémentaires permettraient de publier une nouvelle carte enrichie des courbes de niveau, ce qui, comme je le dirai plus loin, pourra se faire très-facilement après l'épuisement de la première édition.

Quant à la variété de couleurs à introduire dans les indications, elle devait donner lieu à un supplément de dépense, puisqu'il faut une pierre pour chaque couleur, et à quelques difficultés matérielles d'impression dans les raccords. Mais on crut devoir passer sur ces inconvénients, et cela pour les raisons suivantes : parmi les personnes que leur goût pour les études géographiques, ou des nécessités professionnelles, avaient familiarisées avec les cartes à grande échelle du département, qui alors étaient toutes imprimées en noir, on en rencontrait peu qui n'eussent été désappointées, impatientées même, par la difficulté, et la plupart du temps, par l'impossibilité de distinguer les cours d'eau des chemins vicinaux et ruraux, principalement dans les régions du

Nord qui sont soumises à un système régulier de desséchement, telles que le territoire waeteringué et les grandes vallées de la Deule, de la Scarpe et de l'Escaut. La confusion qui résulte du tracé rectiligne des chemins et des cours d'eau, dans une bonne moitié du département, ne peut être prévenue que par l'emploi de couleurs différentes dans les indications des uns et des autres, et, dès lors, le noir étant admis pour la couleur générale de la carte, c'est le bleu qui, suivant l'usage adopté en pareille circonstance, devait être choisi pour les cours d'eau, rivières, canaux de toutes sortes, étangs et ruisseaux. De plus, comme la carte dont il s'agissait devait être l'annexe du nivellement général, il sembla naturel qu'elle mît en relief et que l'on pût y lire, au premier coup d'œil et sans recherches, les résultats de cette opération, ce qui indiquait l'emploi d'une troisième couleur, le rouge, pour les signes désignant les emplacements des repères (un cercle d'un millimètre de diamètre) et pour les nombres donnant la hauteur de ces repères au-dessus du niveau moyen de la mer. Enfin, dans le but d'augmenter encore la clarté de ce document, qui devait, suivant le désir exprimé par le conseil général, devenir d'un usage commun dans le département, il parut bon d'accuser, par une quatrième couleur, aux yeux les moins expérimentés, les signes qui représentent la végétation : forêts, bois et bosquets, et naturellement c'était le vert qui s'imposait dans cette circonstance.

Dans ces conditions, le travail exigeait l'emploi de 25 pierres et une dépense totale de 54.300 francs pour la production de 3.000 exemplaires de 6 feuilles chacun.

Ce programme fut soumis à M. le ministre des travaux publics qui, par une dépêche du 10 mars 1873, fit connaître qu'il était disposé à accueillir la demande de subvention qui lui était adressée, mais à la condition que l'échelle de la carte projetée serait portée du 50.000ᵉ

au 40.000e. C'est cette dernière échelle, en effet, disait M. le ministre, qui a été adoptée par les cartes départementales détaillées dont l'administration a décidé l'exécution en principe, pour former le complément de nivellement général de la France, et l'on ne saurait admettre, dans la réalisation de cette grande œuvre, des échelles différentes pour chaque département.

Cet incident imprévu renversait la combinaison admise, et comme il ne paraissait pas probable que le conseil général du Nord renoncerait, sans un mûr examen, au concours du trésor, il fallait reconstituer le programme du travail sur de nouvelles bases.

C'est ce que fit l'ingénieur en chef du département.

Par sa forme allongée et bizarre, par l'inclinaison d'environ 45 degrés, de son grand axe sur la direction du méridien, par les nombreuses découpures qu'il subit de la part du département du Pas-de-Calais et de la Belgique (*), le département du Nord est assurément l'un des *plus* difficiles à encadrer dans une seule carte rectangulaire, sans perdre d'énormes espaces dont la surface serait plus que double de celle du département lui-même. En fractionnant les cartes, on atténue naturellement cet inconvénient; mais il n'en reste pas moins très-sérieux, si l'on veut faire tenir, sur une carte unique et en adoptant un format uniforme, chacun des arrondissements du Nord, dont les limites extérieures au département reproduisent les découpures de celui-ci, et dont la surface varie du simple au triple (**). L'échelle du 50.000e, adoptée

(*) Voir, sur le dessin ci-joint, Pl. 13, *fig.* 10, le tableau d'assemblage de la carte telle qu'elle a été établie.

(**) Les sept arrondissements du Nord offrent respectivement les superficies ci-après :

Avesnes.	139.723 hectares.	Hazebrouck.	69.320 hectares.
Cambrai.	89.260 —	Valenciennes.	62.978 —
Lille.	87.439 —	Douai.	47.206 —
Dunkerque.	72.160 —		

par le conseil général, est des plus commodes dans la pratique (0m,02 représentent 1 kilomètre) et suffisamment grande, même pour des études d'un certain détail. De plus elle offrait l'avantage de résoudre parfaitement bien les difficultés qui viennent d'être exposées, en permettant de placer chaque arrondissement sur une feuille de papier du format très-maniable de 0m,90 sur 1m,20, et où les espaces perdus se trouvaient réduits à un minimum, avec la convention admise de réunir les arrondissements de Douai et de Valenciennes sur une même feuille.

Mais, avec l'échelle du 40.000e, la forme et l'orientation exceptionnelles du département, ainsi que la condition de renfermer les feuilles de la carte dans les dimensions usitées dans le commerce, ou dans leurs multiples et sous-multiples, rendaient la solution de la question assez difficile.

Après de nombreuses études et une multitude de tâtonnements, je finis par trouver que les combinaisons les moins défavorables se réduisaient à trois dont la dépense devait s'élever respectivement à 86.600 francs, 75.500 francs et 66.300 francs.

Les deux premières combinaisons avaient l'avantage de conserver la division par arrondissements, voulue primitivement par le conseil général, mais les espaces perdus étaient énormes et la dépense à faire très-considérable.

Ces deux derniers inconvénients étaient très-sensiblement atténués dans la troisième, et je me décidai à proposer cette combinaison, bien qu'elle entraînât le sacrifice de la division par arrondissements distincts. Mais comme elle devait être la moins coûteuse, elle permettrait de livrer au commerce des cartes d'un prix assez réduit pour devenir d'un usage général dans le département, suivant le vœu du conseil général, et, de plus, elle offrirait le précieux avantage de donner la continuité du tracé d'une voie de communication, et en général d'une ligne quelconque s'éten-

dant sur plusieurs arrondissements, au moyen d'une simple juxtaposition des cadres des feuilles, sans répétitions, et par conséquent sans déchets, et sans même que la réunion définitive des feuilles fût absolument nécessaire.

Ces raisons parurent décisives au conseil général du Nord, et il adopta définitivement la troisième combinaison dans sa séance du 24 avril 1873, après quoi M. le ministre des travaux publics l'approuva de son côté par décision du 22 août suivant, et accorda une subvention de 15.000 fr. sur les fonds du trésor pour l'exécution du travail.

Il ne restait plus, dès lors, qu'à mettre la main a l'œuvre. J'entrai aussitôt en négociations avec M. Ehrard, graveur à Paris, et après une active correspondance et des pourparlers multipliés, nous tombâmes d'accord pour arrêter le devis complet de l'opération; ce devis fut accepté par le graveur le 31 octobre 1873 et reçut l'approbation de M. le ministre des travaux publics, par une décision du 29 décembre suivant qui ouvrit un premier crédit de 7.500 francs pour commencer les travaux.

Ainsi que je l'ai fait précédemment pour l'opération du nivellement, je reproduirai textuellement ici les dispositions de ce devis, afin de faire connaître, aussi complétement que possible, les détails de l'œuvre considérable dont elles ont assuré la bonne exécution.

Ces dispositions sont les suivantes :

Art. 1er. — Le présent devis a pour objet l'exécution d'une carte du département du Nord à l'échelle du 40.000^e et composée de dix-sept feuilles juxtaposables, du format dit Colombier de $0^m,65$ sur $0^m,90$ chacune, orientées et découpées comme l'indique la carte à petite échelle ci-jointe.

Chaque feuille comprendra un fragment de carte de $0^m,53$ sur $0^m,76$, un encadrement de 15 millimètres de largeur, réservé aux coordonnées géographiques, et une marge de 4 centimètres sur laquelle seront inscrits les titres, écritures et échelles.

Art. 2. — Cette carte reproduira en ce qui concerne le département, toutes les indications de la carte du dépôt de la guerre au

80.000ᵉ, à l'exception des indications représentant le relief du sol, lesquelles seront remplacées par les désignations de l'altitude des repères métalliques, au nombre d'environ 3.245, du nivellement général (*).

Art. 3. — Toutes les indications à mettre en dehors du département, sauf l'espace à réserver aux titres et légendes, qui sera le même que pour la partie comprise dans le département, seront réduites aux principales, comme cela a été fait pour les contrées étrangères sur la carte du dépôt de la guerre, c'est-à-dire qu'on n'indiquera ni les forêts, ni les habitations éparses, ni les chemins ruraux, ni les petits cours d'eau. On gravera seulement les principales voies de communication, les agglomérations des villes et villages, les rivières et cours d'eaux principaux et les voies ferrées.

La légende des signes conventionnels sera prise sur cette dernière partie de la carte.

Art. 4. — La carte sera tirée en quatre couleurs affectées, savoir : *le noir*, aux titres, noms et écritures diverses, bâtiments, voies de communication de fer et de terre et limites territoriales; *le bleu*, aux rivières, canaux, étangs et cours d'eau quelconques ; *le rouge*, aux repères métalliques [indications et cotes] ; *le vert*, à la végétation.

Art. 5. — Il en sera tiré 3.000 exemplaires, soit 51.000 feuilles.

Art. 6. — La carte ne donnant pas le relief du sol, sera une carte plate dans laquelle chaque feuille donnera, pour ce qui regarde le département :

1° Les coordonnées géographiques, les titres de chaque feuille, l'indication et le dessin de l'échelle, la reproduction en petit de la carte d'assemblage, avec hachures sur le rectangle répondant à la carte considérée ;

2° Les constructions, moulins à vent, usines et habitations isolées, villages et villes ;

3° Les voies de communication, chemins de fer, routes, chemins vicinaux et ruraux, convenablement différenciés entre eux ;

4° Les rivières, canaux, écluses et cours d'eau non navigables ni flottables ;

(*) En cours d'exécution, on a ajouté aux repères métalliques, qui sont au nombre de 3.404, comme je l'ai dit précédemment, les 2.732 repères naturels, de telle sorte que la carte offre 6.136 cotes d'altitudes pour une superficie de 5.681 kilomètres carrés, soit en moyenne environ un repère par kilomètre carré.

5° Les limites de communes, de cantons, d'arrondissements et de départements;

6° La végétation : prairies, marais, bosquets, bois et forêts;

7° Les dunes, dans la longue et étroite bande de terrain longeant la côte maritime;

8° Enfin l'emplacement des repères métalliques du nivellement général du département, figuré par un cercle colorié en plein, de 1 millimètre et demi de diamètre (*), avec la lettre R et avec l'altitude de chaque repère, donnée par un nombre de 3 à 6 chiffres de 2 millimètres de hauteur.

Art. 7. — Le caractère des écritures, la figuration des voies de communication, cours d'eau, dunes, limites territoriales, celle des diverses végétations, et enfin toutes les indications géographiques et statistiques, seront la reproduction exacte de celles qui existent sur les cartes du dépôt de la guerre au $\frac{1}{80,000^e}$, de manière que les légendes des deux cartes soient absolument identiques.

Malgré l'agrandissement de l'échelle, les écritures auront les mêmes dimensions en tous sens, et les voies de communication, de terre, de fer et d'eau, la même largeur que sur la carte au 80.000e.

Chaque feuille sera couverte jusqu'au cadre; mais, en dehors du département, on ne mettra que les indications principales, comme il a été dit à l'article 3 ci-dessus.

En ce qui concerne ces parties de la carte, l'ingénieur en chef chargé de la direction du travail marquera sur la minute, dont il sera parlé ci-après, les indications à supprimer et celles à conserver. Le graveur sera tenu de se conformer exactement à ce qui lui sera prescrit à ce sujet.

Art. 8. — La gravure des pierres sera exécutée avec le plus grand soin sur des pierres grises de premier choix, et de manière à donner des cartes présentant les mêmes conditions d'élégance, d'exactitude et de netteté que celles du dépôt de la guerre.

Le prix de la gravure est fixé au taux moyen de 25 francs le décimètre carré, sur une superficie calculée entre les bords intérieurs des cadres de chaque feuille; mais on considérera que le prix ainsi calculé comprendra la gravure des encadrements, légendes, titres, tableaux d'assemblages et échelles de la carte entière, ainsi que l'inscription des cotes et signes des repères du nivellement général.

(*) En cours d'exécution, cette dimension a été réduite à 1 millimètre, ce qui est bien suffisant.

Art. 9. — Aussitôt après l'achèvement du travail, les pierres au nombre de soixante-huit, nécessaires au tirage de la carte, seront livrées en parfait état au département qui en restera propriétaire et pourra, soit les conserver, soit les échanger avec l'entrepreneur contre autant de planches de cuivre obtenues par la voie galvanique, moyennant un prix de reproduction qui ne dépassera pas $0^{f},01$ par centimètre carré, soit pour la surface totale des pierres, qui est de $37^{m.c.}\ 42^{d.c.}\ 72^{c.c.}$, une somme de $3.742^{f},72$.

Art. 10. — La carte sera tirée sur papier de première qualité, collé, glacé et propre à recevoir ultérieurement toute application de teintes ou traits en couleur à la main.

La fourniture du papier sera payée $0^{f},20$ la feuille.

Art. 11. — L'impression sera effectuée de manière à obtenir des cartes de la plus parfaite netteté.

On apportera notamment, dans l'impression sur une même feuille, des indications diversement coloriées dont il a été parlé précédemment, toutes les précautions nécessaires pour que toutes ces indications soient rapportées à leur place géographique exacte.

Le prix de l'impression complète sera de $0^{f},45$ par feuille.

Art. 12. — La carte minute consistera en feuilles photographiées à l'échelle de $\frac{1}{40.000^e}$ sur les cartes les plus récentes au $\frac{1}{80.000^e}$ du dépôt de la guerre.

Ces photographies seront mises au courant par les soins de l'ingénieur en chef chargé de la direction de ce travail, qui y indiquera les suppressions et additions nécessaires, tant dans l'étendue du département qu'en dehors de cette surface, comme il est dit aux articles 4 et 7 ci-dessus.

De plus, les repères et cotes de nivellement seront inscrits sur les minutes de la carte, à la place convenable, par les soins de l'ingénieur en chef, ainsi que les titres spéciaux qui ne figurent pas sur les cartes du dépôt de la guerre.

Ces photographies seront fournies par l'entrepreneur, au nombre de trois exemplaires, moyennant la somme totale de 1.500 francs. Si un plus grand nombre d'épreuves est reconnu nécessaire pour que la mise au courant marche avec toute l'activité désirable, l'entrepreneur devra les fournir au prix de 60 francs l'exemplaire, comprenant toutes les photographies répondant à une carte entière.

L'établissement de la minute, qui sera fait en dehors de toute participation de l'entrepreneur, ne lui donnera droit à aucune rétribution.

Art. 13. — Les frais de transport et d'emballage seront remboursés à l'entrepreneur sur la présentation du reçu de la compa-

gnie du chemin de fer et sur une évaluation de 4 francs par caisse. Il recevra en outre une somme fixe de 1.000 francs pour tous les autres faux frais, de quelque nature qu'ils soient, tels que correspondance, envois d'épreuves, etc.

Art. 14. — Les travaux seront soldés, suivant l'importance des crédits, par le département et par l'État de la manière suivante:

Les épreuves photographiques seront payées aussitôt après qu'elles auront été livrées à l'ingénieur en chef chargé de la direction du travail.

En ce qui concerne les pierres, dès que l'une d'elles aura été gravée, il en sera fait réception par l'ingénieur en chef, sur la vu d'une épreuve qui lui sera fournie par l'entrepreneur, et le prix de la fourniture et de la gravure sera payé jusqu'à concurrence des neuf dixièmes de leur valeur, par le département, qui deviendra, par ce fait, propriétaire de la pierre. L'entrepreneur en restera détenteur jusqu'à la fin du travail, et recevra le dernier dixième quand il en aura fait la livraison, comme il est dit à l'article 10 ci-dessus.

Quant aux dépenses de fourniture de papier et d'impression, elles seront payées, au fur et à mesure de la livraison des cartes par groupes d'au moins 150 exemplaires complets de 17 feuilles.

Art. 15. — Le travail sera terminé en deux années; il sera exécuté sous le contrôle de l'ingénieur en chef du département, qui aura la faculté d'employer tous les moyens de vérification qu'il jugera convenables pour s'assurer, au fur et à mesure de l'avancement de l'opération, que tout s'accomplit dans les conditions voulues pour inspirer une entière confiance dans les résultats.

Art. 16. — Pour le cas où les vérifications opérées par le service du contrôle feraient reconnaître l'inexécution d'une ou plusieurs des conditions stipulées dans les articles précédents, l'administration se réserve le droit de résilier le marché.

Toutes ces conditions ont été fidèlement accomplies; et le conseil général du Nord, qui a eu l'œuvre entière sous les yeux, dans sa session d'avril 1877, a bien voulu, dans les séances des lundi 9 et mercredi 11 avril, décerner, à mes collaborateurs et à moi, un témoignage de satisfaction qui nous a amplement récompensés des soins et des peines que ce travail, non moins délicat et difficile qu'important, nous a coûtés durant près de quatre années (*).

(*) Mes collaborateurs furent MM. les ingénieurs Carlier, Mallez,

La révision des cartes du dépôt de la guerre constitua en effet une lourde tâche, car on se figurerait difficilement le nombre et la gravité des inexactitudes et des lacunes qu'offraient ces cartes, de fort ancienne confection dans le Nord, principalement dans les arrondissements de Lille, de Douai et Valenciennes, où la face du pays a été modifiée de fond en comble par suite des développements prodigieux de la population, de l'agriculture et de l'industrie.

Aussi est-il fort heureux qu'il n'ait pas été donné suite au projet que l'on avait formé, lors de la rédaction primitive du programme du nivellement général du département, et qui consistait à reporter les repères sur une carte qui n'eût été qu'une amplification pure et simple de celle du dépôt de la guerre. Dans les conditions de la soumission primitive de M. Leclère, 3.000 exemplaires de cette annexe du nivellement n'auraient pas coûté moins de 61.500 fr., et l'on n'aurait eu qu'une carte au $\frac{1}{50\,000^e}$, tirée à deux teintes seulement et reproduisant, non-seulement sans correction, mais encore en les exagérant par suite de l'agrandissement de l'échelle, les innombrables lacunes et toutes les inexactitudes de la vieille carte de l'État-Major.

La carte qui vient d'être terminée offre, au contraire, une représentation aussi fidèle que possible de l'état actuel des lieux et des choses. Dans la distribution gratuite qui en sera faite aux communes, aux sociétés savantes, aux sociétés d'agriculture et aux diverses administrations civiles et militaires du département, il n'est pas probable que l'on dépasse, ni même que l'on atteigne le nombre de 1.500 exemplaires. Il restera donc à livrer au commerce 1.500 exemplaires au moins qui, vendus 1 franc la feuille,

---

Gruson, Berthet, Piéron et Drouets. Leurs noms figurent sur chacune des feuilles de la carte.

On y lit aussi le nom de M. le conducteur Féver, qui a dessiné les minutes, surveillé la gravure des pierres et corrigé toutes les épreuves.

c'est-à-dire au prix de revient seulement de l'impression et du papier, feront entrer dans la caisse départementale une somme de 20.000 à 25.000 francs. Ainsi, en déduisant la subvention de 15.000 francs fournie par l'État, on voit que la dépense à la charge du département ne s'élèvera pas au-dessus de 30.000 francs, et que, pour cette somme certainement très-modique, le département sera devenu possesseur, non-seulement des 1.500 exemplaires qu'il répandra gratuitement, mais encore des 68 pierres gravées qui auront servi à l'impression.

Cette dernière circonstance a son importance, car rien ne sera plus facile que de mettre la gravure de ces pierres au courant du nouvel état des choses, lorsque l'édition actuelle de la carte sera épuisée, et d'en tirer, moyennant une très-faible dépense, une nouvelle édition rectifiée et complétée. De plus, si l'on se décide ultérieurement à niveler un troisième réseau, comme on l'avait projeté primitivement, ou si seulement les nivellements complémentaires, que les projets ou les travaux des services civil et militaire nécessiteront ultérieurement, fournissent à un moment donné, entre les lignes aujourd'hui nivelées, assez de cotes d'altitudes pour tracer les courbes de niveau, il suffira de 17 pierres supplémentaires (*), sur lesquelles ces courbes seront gravées, pour tirer une nouvelle carte du département en cinq couleurs et absolument complète, en ne faisant qu'une dépense fort modérée comparativement au résultat obtenu.

Telle qu'elle est, cependant, la carte actuelle, avec ses 6.000 cotes d'altitude, rendra incontestablement de très-grands services.

Je n'ai pas besoin, je pense, d'insister sur le parti qu'en tireront les statisticiens, les agronomes, les industriels, les

(*) Ces courbes devront naturellement être imprimées avec une couleur spéciale, le bistre, par exemple.

sociétés de desséchements, les ingénieurs et les officiers, dans l'intérêt de leurs études et de leurs travaux. Je me contenterai de joindre à la présente notice un profil que j'ai calculé d'après les indications de plan et de relief que présente ce document, et qui donne une idée très-précise et très-exacte de l'orographie du département du Nord.

Ce profil est levé suivant une ligne droite de 177 kilomètres de longueur, qui part de la mer près de Gravelines et va aboutir à la limite du département près d'Anor, en traversant normalement toutes les grandes vallées du Nord, c'est-à-dire celles de l'Yser, de la Lys, de la Scarpe, de l'Escaut et de la Sambre.

Un premier coup d'œil jeté sur ce profil intéressant fait voir qu'il coupe quatre faîtes importants ; celui qui sépare le pays waeteringué du bassin de l'Yser, à la hauteur de 28^{m},35 au-dessus du plan de comparaison adopté (*niveau moyen de la Méditerranée à Marseille*) ; celui qui sépare le bassin de l'Yser du bassin de l'Escaut (rive gauche de la Lys), à la hauteur de 84 mètres ; celui qui sépare le bassin de l'Escaut du bassin de la Meuse (rive gauche de la Sambre), à la hauteur de 161^{m},60, et enfin le faîte séparatif des bassins de la Meuse et de la Seine (rive gauche de l'Oise), ou, si l'on veut, des bassins de la mer du Nord et de la Manche, à la hauteur de 249^{m},45.

Si, après cet examen général, on suit la ligne en détail, on voit d'abord, à partir des dunes bordant le littoral, se creuser la vaste cuvette de 40.000 hectares qui constitue les Waeteringues du Nord, région qui, si les dunes s'ouvraient, se transformerait tout entière, comme le montrent les cotes d'altitude, en un marais salant à peine émergé au-dessus de la mer moyenne à Dunkerque, et complétement submergé par les hautes mers d'équinoxe dont les eaux viendraient baigner les abords de Watten et les fortifications de Bergues.

Vers le quinzième kilomètre, le terrain commence à se

relever, et on le voit atteindre l'altitude de 28 mètres pour former les collines qui longent la rive gauche de l'Yser. Puis le sol se déprime jusqu'à l'altitude de 16 mètres pour laisser passer cette petite rivière, et se relève de nouveau jusqu'à l'altitude de 84 mètres, où l'on rencontre la chaîne de collines qui prolongent, en s'abaissant vers l'est, le mont sur lequel la ville de Cassel est assise à l'altitude de 158 mètres.

Le profil descend ensuite dans la vallée de la Lys, et il arrive jusqu'à la rivière de la Scarpe, sans rencontrer de reliefs supérieurs à l'altitude de 50 mètres et en traversant, sur un parcours de 62 kilomètres, une série de vallées peu profondes, où coulent la Lys à l'altitude de 14 mètres, le canal de la Deule à celle de 22 mètres et la petite rivière de la Marque à l'altitude de 31 mètres.

A partir de la Scarpe, dont la vallée marécageuse présente un creux très-remarquable à l'altitude de 18 mètres, c'est-à-dire plus bas de 4 mètres que la Deûle à Haubourdin et de 13 mètres que la Marque à Templeuve, toutes les vallées que traverse la ligne vont en s'étageant successivement l'une au-dessus de l'autre, la hauteur de leur versant droit dépassant toujours celle du versant gauche. C'est ainsi que le profil franchit l'Escaut à l'altitude de 26 mètres, la Sambre à celle de 131 mètres et l'Helpe-Majeure à l'altitude de 145 mètres pour arriver à l'altitude de 249 mètres, où se trouve le faîte séparatif de bassins de la Sambre et de l'Oise, tout près du point le plus élevé du département, qui est situé à l'altitude de 251^{m},878, à l'intersection même de la frontière belge par le chemin de fer d'Anor à Mommignies.

On ne s'élève donc que de 18 mètres depuis la mer jusqu'à la vallée de la Scarpe, sur un parcours de 106 kilomètres, tandis que l'on monte de 231 mètres depuis la vallée de la Scarpe jusqu'à la limite sud du département, sur une étendue de 71 kilomètres.

Le département du Nord est, jusqu'ici, le seul qui ait produit une œuvre de cette importance et dans des conditions aussi libérales. Mais il est à penser qu'il trouvera plusieurs imitateurs. Déjà le conseil général du Pas-de-Calais à résolu d'entrer dans la même voie, en adoptant l'échelle, les errements et le canevas même admis dans le Nord, de telle sorte que sa carte départementale sera la continuation vers l'Ouest de celle du Nord, et l'on peut espérer que les départements du voisinage suivront son exemple. Si cette hypothèse se réalise dans la Somme, dans l'Aisne et dans l'Oise, on obtiendra finalement une carte complète, exacte et détaillée de ce groupe de cinq départements, qui constituent une région si caractéristique par la densité de sa population, ainsi que par la nature et la richesse de ses productions minérales, industrielles et agricoles.

A ce propos, je ferai remarquer, en terminant cette notice, combien on doit applaudir au sens pratique que le conseil général du Nord a apporté dans cette affaire, et le féliciter d'avoir évité l'erreur dans laquelle un trop grand nombre de départements sont tombés, en créant à grands frais des séries de cartes minuscules découpées par cantons. On ne saurait proscrire avec trop d'énergie les atlas cantonaux, tant préconisés par certaines personnes peu versées en ces matières. Ces cartes, auxquelles on a donné quelquefois un encadrement de renseignements statistiques essentiellement éphémères, sont de simples images sans aucune utilité réelle. Aussi, après avoir été un moment feuilletés par curiosité, ces atlas, si coûteux, sont-ils déposés dans des bibliothèques où ils reposent oubliés, sans que jamais leurs possesseurs éprouvent le besoin ou sentent le désir de les consulter.

Lille, le 20 décembre 1877.

N° 26

CANAL DE LA MARNE AU RHIN.

Relèvement du mouillage à 2 mètres dans la partie empruntée par le canal de l'Est.

EXHAUSSEMENT DU PONT « DE LA STATION DE FROUARD. »

NOTICE

Par M. A. PICARD, ingénieur des ponts et chaussées.

Exposé. — Les travaux de construction du canal de l'Est, déclarés d'utilité publique par la loi du 24 mars 1874, comportent le relèvement à 2 mètres du mouillage du canal de la Marne au Rhin dans la partie empruntée par la nouvelle voie navigable, c'est-à-dire entre Void et Jarville.

Ce relèvement ne devant pas laisser sous la plupart des ponts par-dessus une hauteur suffisante pour le passage des bateaux vides ou chargés de matières encombrantes, M. le ministre des travaux publics a décidé, à la date du 15 juin 1874, l'exhaussement de tous les ouvrages qui ne présentaient pas à l'intrados une hauteur libre de $3^m,70$ au minimum au-dessus de la nouvelle retenue, soit de $5^m,70$ au-dessus du plafond, sur la largeur d'une voie de bateau.

La mesure prescrite par M. le ministre a dû être appliquée en particulier à un pont situé près de Frouard à la traversée du chemin d'accès de la gare du chemin de fer de Paris à Strasbourg.

Les moyens mis en œuvre à cet effet pouvant présenter quelque intérêt au point de vue des opérations semblables qui seront nécessaires ultérieurement, soit sur le canal de la Marne au Rhin, soit sur d'autres voies navigables, nous venons par la présente note les décrire sommairement et en faire connaître les résultats.

Nature, dimensions et dispositions principales de l'ouvrage. — Le pont de la station de Frouard a été établi en maçonnerie (Pl. 13, *fig.* 1 à 4).

La voûte avait 10 mètres d'ouverture, savoir :

	mètres.
Banquette de halage	2
Cuvette muraillée	6
Banquette de contre-halage	2
Total pareil	10

La largeur était de $6^{m},60$.

Elle était intradossée en arc de cercle et extradossée suivant deux lignes inclinées convergeant vers le sommet et raccordées par un arc de cercle ; la flèche de l'intrados était de $1^{m},30$ et le surbaissement de $\frac{1}{7}$ environ avant le relèvement.

L'épaisseur des maçonneries, y compris la chape, était de $0^{m},88$ à la clef et de $1^{m},50$ aux naissances.

La hauteur libre au-dessus du plan d'eau tendu pour un mouillage de 2 mètres n'était que de $3^{m},33$ sur la largeur de $5^{m},20$ correspondant à une voie de bateau; elle devait par suite être augmentée de $0^{m},37$ au minimum.

Les bandeaux de tête étaient en pierre de taille de Lérouville ou d'Euville et comprenaient chacun 35 voussoirs.

La douelle était en moellons piqués de roche rouge de Liverdun (oolithe inférieure).

Les mortiers étaient formés de sable siliceux de Moselle et de chaux hydraulique du Lias.

Mode d'exhaussement approuvé par l'administration supérieure. — Le projet approuvé par décision ministérielle du 27 mai 1876 comportait :

— la mise sur cintre de la voûte ;

— sa démolition complète ;

— et sa reconstruction à 0m,37 plus haut, avec une légère réduction de l'épaisseur à la clef, de manière à diminuer l'exhaussement de la chaussée et des rampes d'accès.

Dispositions prises en exécution de cette décision. — Les travaux devant être exécutés pendant la campagne de 1877, la voûte fut mise sur cintre au commencement du mois de juillet.

Ce cintre se composait de cinq fermes espacées de 1m,50 d'axe en axe et réunies entre elles par 4 cours de moises. Il était entièrement en bois de sapin.

Les fermes, disposées de manière à maintenir la navigation et à réduire aussi peu que possible la hauteur disponible pour le passage des bateaux (*fig.* 1 à 4), reposaient chacune sur 4 poteaux. Les deux poteaux intermédiaires étaient à 7 mètres l'un de l'autre. Les deux autres étaient placés à 0m,10 des culées contre lesquelles ils butaient à leur sommet par l'intermédiaire de coins qui devaient être enlevés, d'abord pendant le relèvement des cintres pour la reconstruction, puis lors du décintrement de la nouvelle voûte ; leur équarrissage était de $\frac{25}{25}$.

Ces fermes reposaient sur de doubles cours de longrines ou semelles séparés par des coins et contre-coins en chêne permettant de serrer le cintre contre la douelle après son levage.

La courbe des vaux présentait un léger surhaussement relativement à celle de la voûte afin de corriger la flexion à peu près inévitable du cintre pendant le serrage des coins.

Les couchis étaient jointifs et avaient $\frac{8}{16}$ d'équarrissage.

La hauteur libre pour le passage des bateaux était ré-

duite durant la démolition à $4^m,48$ au-dessus du plafond, soit à $2^m,78$ au-dessus du plan d'eau tendu pour le mouillage de $1^m,70$ au-dessous duquel il était impossible de descendre, sous peine d'arrêter les nombreux bateaux circulant aujourd'hui sur le canal de la Marne au Rhin avec un tirant d'eau de $1^m,50$.

Les péniches flamandes à comble élevé, qui constituent pour la plus grande part la batellerie du canal, ne pouvaient plus franchir l'ouvrage à vide sans prendre de l'eau comme lest; chargées de coke, elles étaient contraintes en général, ou de s'arrêter, ou de rompre charge.

Cette situation fâcheuse devait se prolonger pendant le délai de dix jours, nécessaire pour effectuer avec soin la démolition de la voûte.

Substitution d'un relèvement de la voûte à la démolition prévue. — Tandis que l'on achevait le levage des cintres, nous avions enlevé la chaussée et les remblais sur le pont et entrepris la démolition de quelques parties accessoires de l'ouvrage.

Ce travail nous révéla une homogénéité parfaite et une grande résistance dans les maçonneries, et nous inspira la conviction qu'il serait possible de relever la voûte d'une seule pièce après l'avoir coupée aux naissances. La substitution de ce mode de procéder à celui qui avait été approuvé présentait l'avantage :

— de permettre l'exhaussement rapide du cintre et par suite le rétablissement presque immédiat de la navigation dans des conditions à peu près normales;

— d'économiser la dépense de démolition et de reconstruction complète de la voûte;

— d'éviter également la perte des moellons de parement qui auraient été certainement tous brisés, et d'une partie des moellons de remplissage;

— enfin de réduire la durée des travaux et par suite la

dépense de manœuvre du pont provisoire mobile établi à proximité pour le maintien de la circulation sur la voie d'accès de la gare de Frouard (*).

Les avantages ci-dessus énumérés et particulièrement le premier, qui était d'une grande valeur pour un canal dont le trafic va atteindre 600.000 tonnes en 1877, nous déterminèrent à tenter l'opération, à laquelle M. l'ingénieur en chef donna d'ailleurs son adhésion.

Mesures préparatoires. — Des cales en tôle furent placées dans tous les assemblages des pièces qui n'étaient pas en contact parfait et qui avaient une tendance à se pénétrer.

Les coins verticaux interposés entre les poteaux extrêmes des fermes et les culées furent remplacés par des rouleaux en fer.

Des verrins furent placés sous chacun des poteaux entre les deux cours de longrines; des coins et contre-coins furent en outre disposés tant entre les verrins qu'aux extrémités des semelles, de manière :

1° à soutenir constamment le cintre et à en éviter la chute et la dislocation, dans le cas où des verrins seraient venus à se briser;

(*) Ce pont provisoire se composait :

— de deux travées de rive fixes portées par des pilotis et laissant entre elles une passe de 6m,80 d'ouverture,

— et d'un ponton flottant fermant la passe et susceptible d'être déplacé à l'approche des bateaux.

Le ponton, lesté de manière à se tenir un peu au-dessus des chevalets limitant le pertuis lorsqu'il n'était soumis qu'à son propre poids, portait sur ces chevalets dès qu'il recevait une surcharge. Cette disposition permettait, tout en lui conservant une grande légèreté et une grande mobilité, de lui donner en même temps la force nécessaire pour livrer passage aux plus lourdes voitures.

La passe avait d'ailleurs été évasée en forme de coin pour en faciliter le déplacement.

La manœuvre d'ouverture et de fermeture et le passage d'un bateau n'exigeaient que cinq minutes.

2° à permettre d'enlever les verrins et de les recaler chaque fois qu'ils seraient à bout de course.

On adapta en outre des échelles graduées aux semelles fixes et des index aux semelles mobiles au droit de chaque verrin, afin de suivre d'une manière continue le mouvement de translation verticale des diverses fermes et d'obtenir une précision et une uniformité pour ainsi dire parfaites dans ce mouvement.

Enfin on eut soin de contre-buter les deux fermes de tête par de fortes contre-fiches inclinées s'opposant au déversement des cintres.

Brèches aux naissances. — Ces mesures prises, on coupa la voûte aux naissances en la ruinant à la pince et au marteau sur la largeur :

— d'un voussoir sur les têtes;

— d'un rang de moellons de douelle pour le surplus.

Les deux brèches furent du reste conduites bien parallèlement et l'on ménagea jusqu'au dernier moment à chaque naissance trois points d'appui que l'on fit sauter lentement et simultanément au marteau, après avoir étayé les deux tranches de la voûte contre les massifs des culées.

A cet instant, la voûte porta entièrement sur le cintre.

Les fermes étant très-plates et n'ayant pu d'ailleurs être chargées par avance comme elles le sont habituellement quand on construit une voûte neuve, tassèrent à la clef de $0^m,04$ environ.

L'intrados dut changer de forme et quelques fissures, d'ailleurs d'une faible largeur, se manifestèrent naturellement dans les joints de tête : nous reviendrons ultérieurement sur ces fissures.

Pression sur les poteaux et les semelles. — La masse à soulever présentait un volume de 75 mètres cubes environ et pesait 180 tonnes, y compris le poids du cintre.

Les fermes intermédiaires avaient à supporter chacune 40 tonnes en nombre rond, se répartissant comme il suit :

	kilog.
Poteaux intermédiaires, 17.750 kilog. chacun, ensemble.	35.500
Poteaux extrêmes, 2.250 kilog. chacun, ensemble.	4.500
Total pareil.	40.000

Le travail maximum de compression auquel étaient soumis ces poteaux et les semelles sur lesquelles ils reposaient, s'élevait ainsi à $28^k,40$ par centimètre carré.

Pression sur les verrins. — Les vis des verrins avaient un noyau de $0^m,021$ de diamètre ; l'effort, par millimètre carré, atteignait donc près de 13 kilog.

La traction à exercer sur le levier des verrins intermédiaires était évaluée à 55 kilog. en attribuant à ces leviers une longueur de 1 mètre, en en supposant deux à chaque verrin, et en appliquant la formule

$$P = Q\left(\frac{r'}{r} + \frac{h + 2\pi r' f}{2\pi r' - fh}\right),$$

dans laquelle :

P désigne la puissance cherchée,	
Q la résistance, ou au cas particulier. . .	17.750 kilog.
r le bras de la puissance, ou.	1 mètre
r' le rayon moyen de la surface héliçoïdale en contact, ou.	$0^m,024$
h le pas de la vis, ou.	$0^m,01$
f le coefficient de frottement du fer sur la fonte (*), ou.	0,18

Les plaques de retombée des verrins avaient $0^m,35$ de longueur sur $0^m,12$ de largeur ; en considérant les efforts comme uniformément répartis sur toute leur surface, la compression du bois à leur contact avec les semelles s'éle-

(*) Les vis des verrins étaient en fer et les écrous en fonte.

vait à 42 kilog. Ce chiffre étant élevé pour du sapin de qualité ordinaire, on eut soin d'interposer, entre les plaques et les semelles, de larges cales en tôle ou en bois de chêne de choix reportant les pressions sur des superficies plus étendues.

Relèvement de la voûte. — On adapta des crics aux reins de la voûte pour la comprimer et empêcher autant que possible sa dislocation dans le cas où le relèvement ne se ferait pas avec une uniformité complète, puis on commença ce relèvement.

La mise en train fut très-pénible pour les poteaux intermédiaires, et les premiers tours de verrins ne produisirent pas de résultat utile; les pièces de la charpente se pénétraient et crépitaient comme si elles eussent été au contact du feu.

Mais bientôt cet effet cessa et la voûte commença à se relever.

L'opération se poursuivit dès lors avec une grande régularité.

On serrait continuellement les coins de manière à éviter tout accident, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, en cas de rupture d'un ou de plusieurs verrins.

Toutes les fois que les verrins avaient fourni un avancement de 0^{m},025, on les retirait pour les ramener à fond de course et les remettre en place sur des calages en chêne, afin de laisser toujours un grand nombre de filets de la vis engagés.

Enfin on calait également et à des intervalles rapprochés, les coins et les contre-coins, pour leur conserver de larges surfaces de contact.

Le relèvement fut de 0^{m},03 environ par heure de travail effectif.

Après un jour et demi, il atteignit 0^{m},43, chiffre qui nous avait paru nécessaire et suffisant pour assurer la

hauteur de $5^m,70$ entre l'intrados et le plafond, malgré le tassement de la voûte lors de sa démolition partielle, de son relèvement et de son décintrement ultérieur.

Fissures. — Le tassement qui s'était produit lors de l'achèvement des brèches des deux naissances s'accentua pendant les premières heures du relèvement et atteignit $0^m,06$, limite à partir de laquelle il cessa de s'accroître.

Les fissures qui s'étaient manifestées dans les joints des bandeaux de tête s'accusèrent par suite davantage.

Leur nombre était de huit à l'amont (côté de la Marne) et de sept à l'aval (côté du Rhin).

Elles se correspondaient assez exactement d'une tête à l'autre, comme le montre la *fig.* 5, Pl. 13.

Leur ouverture était à l'intrados de $0^m,015$ au maximum et de $0^m,006$ en moyenne; elle était nulle à l'extrados.

Ces fissures se prolongeant nécessairement entre les deux bandeaux au travers du corps de la voûte, nous fîmes couper et enlever les couchis nécessaires pour les découvrir; cette recherche nous prouva

qu'en effet les fentes s'étendaient régulièrement d'une tête à l'autre dans les moellons de douelle;

qu'elles se perdaient assez rapidement dans la maçonnerie ordinaire, qui ne présentait pas comme les parements des plans de joints et de séparation réguliers et qui d'ailleurs avait plus d'élasticité.

La chape était restée absolument intacte.

Fermeture des fissures. — On commença par percer dans la voûte, au droit de chacune des fissures, un certain nombre de trous de mines dont l'espacement, variable avec la largeur et la longueur de la fente, était en moyenne de 1 mètre.

Puis on lava à grande eau ces fissures, de manière à enlever tous les débris de mortier et de pierre.

Ensuite on les ferma sous la douelle et sur la tête, au moyen de bourrelets en terre glaise.

Enfin on les remplit, aussi complétement que possible, de mortier très-clair composé de parties égales de ciment de Portland et de sable de Moselle, introduit sous pression :

dans les joints de tête, à l'aide d'un injecteur;

dans le corps de la voûte, à l'aide d'un tube de 1 mètre de hauteur, muni d'un entonnoir.

Ce remplissage, dont dépendait le succès de l'opération, fut suivi avec un soin minutieux.

Achèvement de la voûte, décintrement. — On rétablit en même temps les naissances de la voûte en y employant également du ciment de Portland; on exhaussa les culées; puis on laissa le tout en l'état pendant huit jours environ, afin d'obtenir une prise complète des mortiers.

A l'expiration de ce délai, on procéda au décintrement.

Le tassement à la clef ne fut que de $0^{m},0015$; aucune fissure ne se produisit ni dans les joints des naissances, ni dans ceux qui s'étaient antérieurement ouverts.

L'opération pouvait dès lors être considérée comme ayant convenablement réussi.

On termina rapidement le rétablissement de la chaussée et des parapets, ainsi que l'exhaussement des rampes d'accès, et le pont fut rendu à la circulation.

Conclusions. — Tel est le mode de procéder qui a été employé pour relever le pont de la station de Frouard.

Il aurait certainement pu être plus perfectionné et mieux préparé.

Mais malgré son caractère essentiellement simple et improvisé, il a permis d'atteindre le but que nous poursuivions et qui était de réduire au strict minimum la durée de la gêne imposée à la navigation par la réduction de la hauteur disponible pour le passage des bateaux.

Il a en outre donné lieu à une économie d'argent assez notable.

Nous pensons qu'il pourra recevoir fréquemment son application sur les canaux dont on aura à relever le plan d'eau.

Nous nous bornons à appeler, en terminant, l'attention sur l'intérêt qu'il y aurait à donner, le cas échéant, une rigidité aussi grande que possible aux cintres, et même à former de poutres métalliques la partie des fermes comprise entre les poteaux intermédiaires, si le nombre des ponts à exhausser était suffisant pour justifier cette dépense.

On arriverait certainement ainsi à éviter pour ainsi dire tout tassement et toute dislocation dans la voûte et à la relever comme un véritable monolithe.

Nancy, le 15 octobre 1877.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CHRONIQUE.

Juin 1878.

N° 27

Les signaux de brouillards sur les côtes, en Angleterre. — M. Tyndall a fait récemment, à *l'Institution royale de la Grande-Bretagne*, une conférence de laquelle nous extrayons les renseignements suivants, qui se rapportent principalement aux signaux de brouillards sur les côtes.

M. Tyndall, après avoir résumé rapidement les progrès relatifs aux phares, a signalé les derniers perfectionnements apportés dans le Royaume-Uni, et spécialement l'emploi du gaz qui a été appliqué par M. Wigham à quelques feux de l'Irlande : il emploie ordinairement une lampe à gaz dont la puissance varie de 28 à 108 becs ; en temps clair la lampe à 28 becs suffit parfaitement : au phare de *Galley-Head*, il a employé trois lampes qui, en cas de besoin, fournissent ensemble une puissance de 324 becs.

Nous ne reviendrons pas sur les résultats des expériences faites sur l'éclairage électrique que nous avons résumées (*), et nous aborderons les nouveaux faits relatifs aux signaux de brume. Les premières expériences faites sur l'emploi du canon dans ces circonstances conduisirent, d'une part à la construction d'un canon spécial dont la charge atteignait 1.350 grammes de poudre et dont la bouche s'évasait en forme parabolique pour projeter le son dans la direction où il était le plus utile. D'autre part, on reconnut que

---

(*) Voir *Annales des p. et ch.* (Chronique), 1878, 1er sem., p. 256.

l'opinon généralement admise, qu'un canon de bronze donne une détonation plus forte que toute autre pièce, n'est vraie que si l'on considère la perception pour un observateur situé dans le voisinage, mais qu'il n'en est plus ainsi lorsque les distances deviennent considérables et que, dans ce cas, la fonte paraît préférable au bronze.

Le fait expérimental que la poudre produit une détonation d'autant plus forte qu'elle est en grains plus fins conduisit naturellement à essayer le fulmi-coton. On reconnut que cette substance explosive produit plus de bruit que la poudre, même employée dans le canon à réflecteur parabolique, et que l'effet est le plus considérable lorsque le fulmi-coton est employé, non pas dans une pièce d'artillerie, mais détonant à l'air libre au foyer d'un réflecteur parabolique; que même il était avantageux de ne pas employer de réflecteur qui limite le champ où la détonation se fait entendre : dans ces dernières conditions, le son put être perçu jusqu'à une distance de 25 kilomètres.

Il y avait dès lors deux inconvénients à éviter : le premier que la décharge du fulmi-coton (de 150 à 650 grammes environ suivant les cas) pût endommager les objets voisins par son explosion, le second que ces objets mêmes, que les rochers, etc., par leur présence, éteignissent le son dans une direction déterminée. Sir Richard Collinson, sous-directeur de *Trinity-House*, eut alors l'idée de placer le fulmi-coton à l'extrémité d'une fusée dont la force ascensionnelle suffirait à élever le système à une hauteur d'environ 300 mètres où se produirait l'explosion et de laquelle le son pourrait raisonner sans obstacle dans toutes les directions. Dans une première série d'expériences des fusées chargées de 212 gram. de fulmi-coton produisirent en l'air des détonations qui furent nettement entendues à 15 kilomètres du point de départ, et dans des directions diverses et opposées. Ces expériences furent reprises dans des circonstances variées; on compara les résultats obtenus avec ceux que fournissaient le coton-poudre détonant sur le rivage, un canon de 18, une sirène fonctionnant par l'air comprimé à 2 1/2 atmosphères, et dans presque tous les cas l'action de la fusée fut jugée plus considérable : la différence est surtout très-appréciable pour les directions qui ne coïncident pas avec celles de l'axe du canon ou de la trompette.

A la suite de ces expériences plusieurs fois répétées, il a été décidé que les fusées explosives entreraient dans la pratique des signaux de brume; et nous avons trouvé, dans la *Revue coloniale et maritime*, un avis annonçant que ces signaux étaient établis à

deux stations et que, à des intervalles déterminés (dix minutes à une station et une demi-heure à l'autre), des fusées explosives seraient lancées, alternant avec des cloches.

Nous indiquerons ultérieurement, s'il y a lieu, les renseignements qui pourraient nous parvenir sur ce sujet.

Pont suspendu à Minneapolis. — Un pont suspendu avait été établi à Minneapolis, sur le Mississipi en 1855 ; mais il était devenu insuffisant par la circulation qui s'était considérablement accrue, et que l'on n'avait pas prévue lors de sa construction ; aussi, au printemps de 1875 on commença, sous la direction de M. Th. Griffith, les travaux destinés à l'érection d'un nouveau pont d'une plus grande solidité qui fut terminé en deux ans.

Ce pont a une ouverture de 205 mètres et le plancher présente une flèche de 1^m,20. Celui-ci est supporté par quatre câbles : deux pour la voie charretière et deux pour les trottoirs réservés aux piétons. Les premiers sont formés chacun par 3.648 fils de fer n° 9, donnant ensemble 1 diamètre de 0^m,240 ; leur flèche est de 17^m,70, ils ne sont pas dans des plans verticaux, mais présentent un fruit de 1^m,90, correspondant à une inclinaison de près de 19° ; ils sont reliés au plancher par 24 tiges de suspension. Les câbles légers sont formés de 450 fils chacun, et leur diamètre est de 0^m,102 ; leur inclinaison sur la verticale n'est que de 1°,45' et ils donnent attache à 16 tiges de suspension.

Les câbles passent sur des selles mobiles sur des rouleaux qui reposent sur des plaques scellées au sommet des tours : celles-ci ont une hauteur de 34 mètres au-dessus du sol. Les câbles à leurs extrémités traversent un banc de calcaire sur une épaisseur de 3^m,50 environ, et sont amarrés sur des ancres en fonte du poids de 5 tonnes placées dans la couche de sable qui se trouve au-dessous du calcaire.

Le plancher est rendu rigide par quatre fermes du système Howe : deux de 2^m,15 qui supportent les voies charretières et deux de 1^m,80 qui supportent les trottoirs. D'autre part, à chaque extrémité et de chaque côté on a disposé quatre haubans ou tirants obliques qui, d'une part, se fixent au plancher, et d'autre part, passent sur une selle spéciale pour se réunir en un seul câble qui est amarré isolément. Aux points où ces haubans se fixent au plancher se trouvent des poutres en sapin qui, par leur autre extrémité, aboutissent normalement aux câbles. Ces diverses dispositions, complétées par des détails auxquels nous ne pouvons nous arrêter, paraissent avoir supprimé le mouvement vibratoire du pont.

La plate-forme pèse 300 tonnes environ, et l'on admet que le pont peut supporter une charge de 260 kilog. par mètre carré.

Le pont a coûté 875.000 francs : la dépense s'est élevée à 1 million en comptant les travaux qu'il a fallu exécuter aux abords.

C. M. G.

TABLES

DES MÉMOIRES ET DOCUMENTS

PUBLIÉS

DURANT LE 1ER SEMESTRE DE 1878.

PREMIÈRE TABLE.

RÉCAPITULATION DES ARTICLES PAR ORDRE D'INSERTION.

NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.	INDICATION DES ARTICLES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des planches.
1	1	Prix décernés aux auteurs des meilleurs mémoires publiés dans les *Annales des p. et ch.* en 1875.	5	
2	1	Notice sur l'Escaut maritime et le port d'Anvers; par M. Quinette de Rochemont, ingénieur des p. et ch.	7	1, 2, 3, 4.
3	1	Note sur le fonçage des pieux et palplanches par injection d'eau; par MM. Stœcklin, ingénieur en chef, et Vétillard, ingénieur des p. et ch.	74	
4	1	Deux notes sur des explosions de chaudières à vapeur :		
		1° Dans l'usine métallurgique de Messempré (Ardennes).	79	
		2° Dans une filature à Bar-le-Duc.	93	
5	1	Recettes de l'exploitation des chemins de fer français (1er semestre de 1877, 1876 et 1869). . . .	97	
		Chronique [Janvier] :		
6	1	Le pont du Douro.	101	
		Détermination de la quantité de vase contenue dans les eaux courantes.	104	
		Le téléphone.	105	
7		Bulletin bibliographique d'ouvrages français. . . .	109	
		Extrait du cahier des charges de l'éditeur des *Annales des p. et ch.*	116	
8	2	Expériences faites en Angleterre sur l'emploi de		

DEUXIÈME TABLE.

ANALYSE DES MATIÈRES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

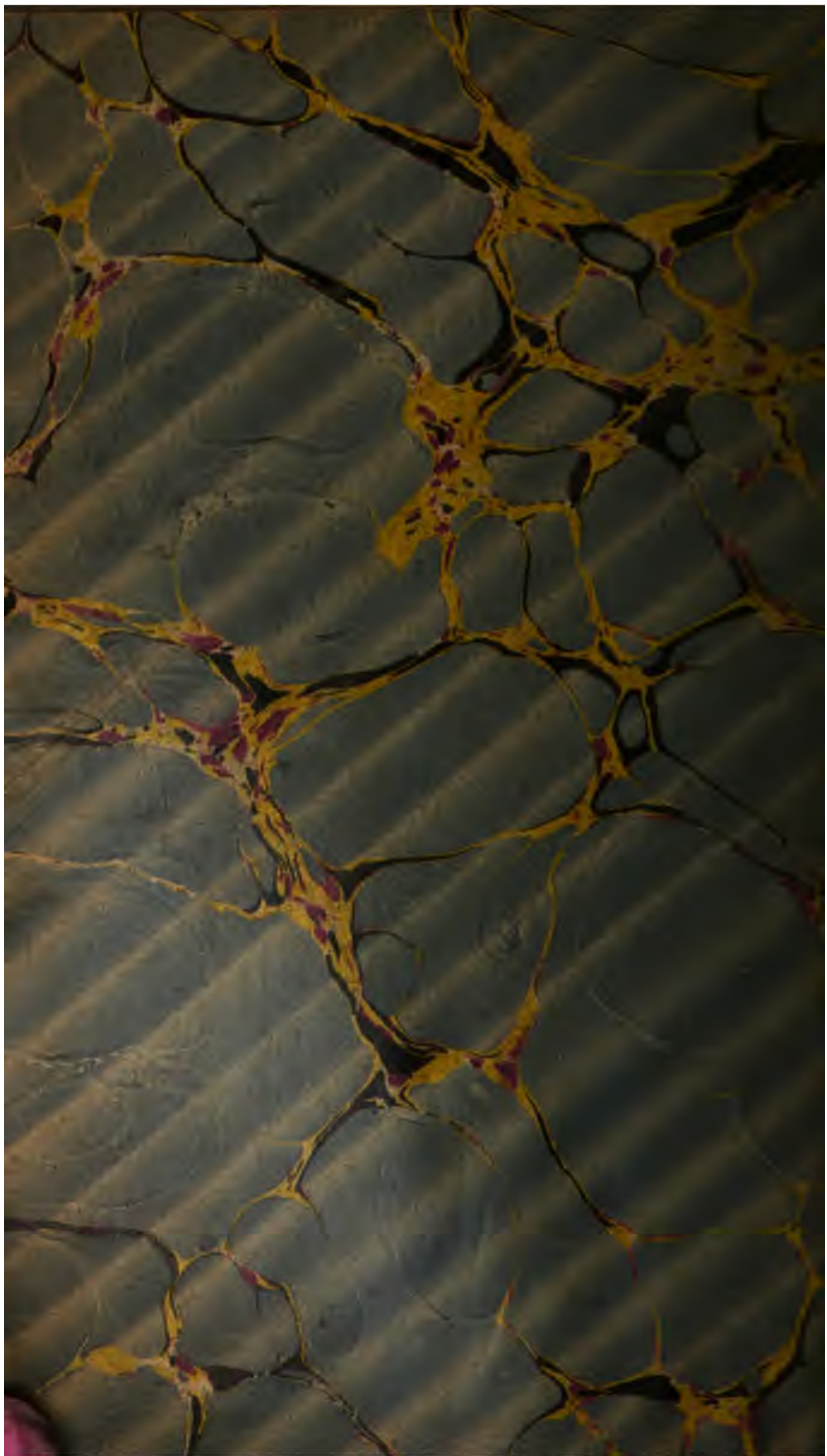
A

B

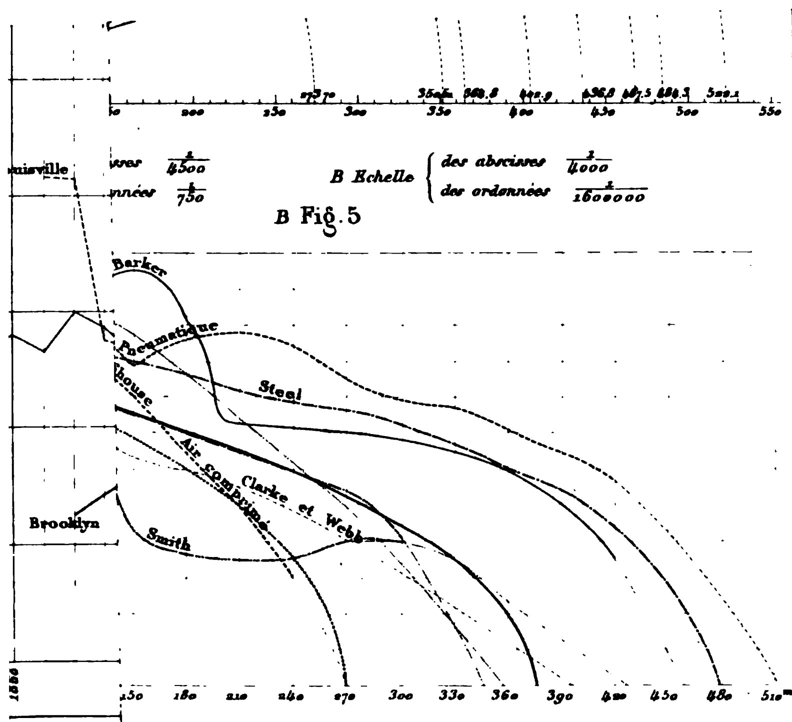
C

PARIS. — IMPRIMERIE ARNOUS DE RIVIÈRE, RUE RACINE, 26.









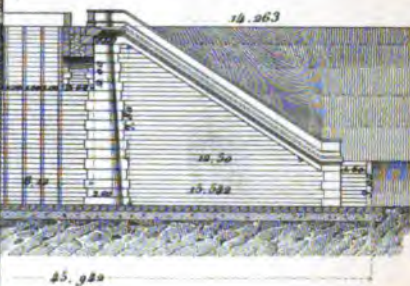
B Echelle des abscisses 1/4000 des ordonnées 1/1600000
B Fig. 5
Barker
Pneumatique
Steel
Air comprimé
Clarke et Webb
Brooklyn
Smith
Grave par E. Perot.


la propriété
ce Torlonia
pour 1 km
4
5
6
Cerchio
R. de Cerchio
Avez
propriété
Route
Giovenco R.
M
b
H
San Benedetto
Pescina
Cocumo
Mte Sal
Champs
de
J
E

2. *Élévation de la tête du bassin*



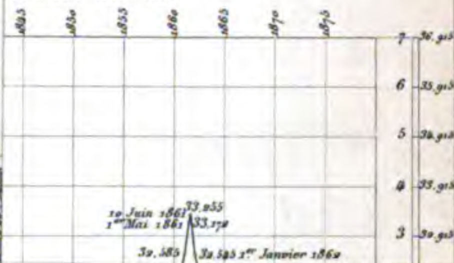
…ant ABCD



A Fig. 5. *Coupe suivant*

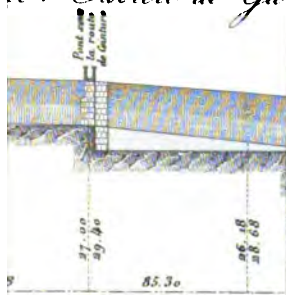


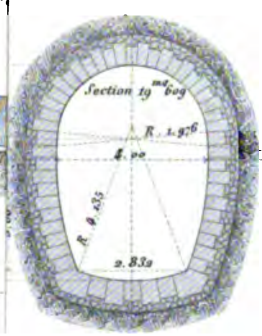
…iveau du lac



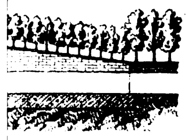
le. Rivière de Gi

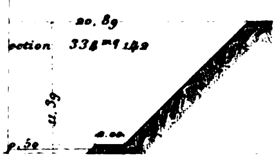
Fig. 3. Travaux modernes
missaire de Torlonia





D Fig. 5.
Canal moderne





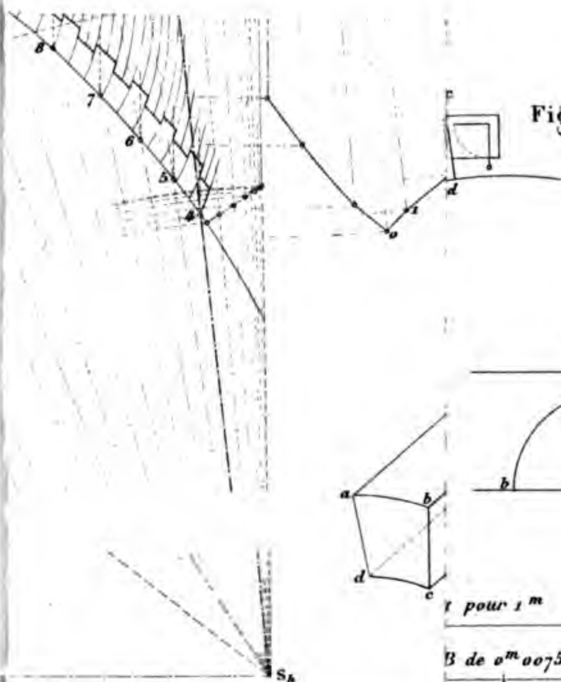
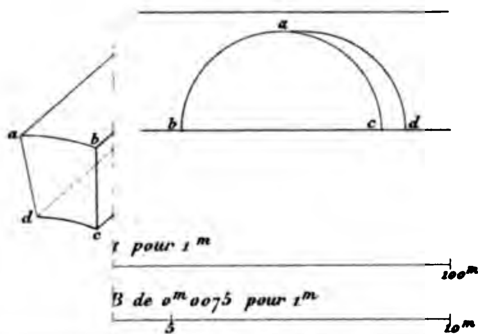


Fig. 6



t pour 1 m

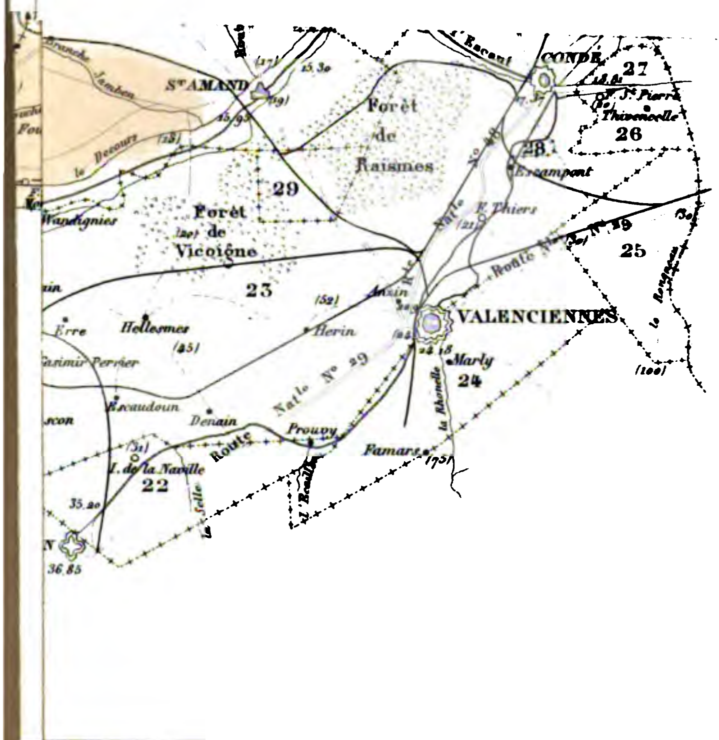
100 m

B de 0 m 0075 pour 1 m

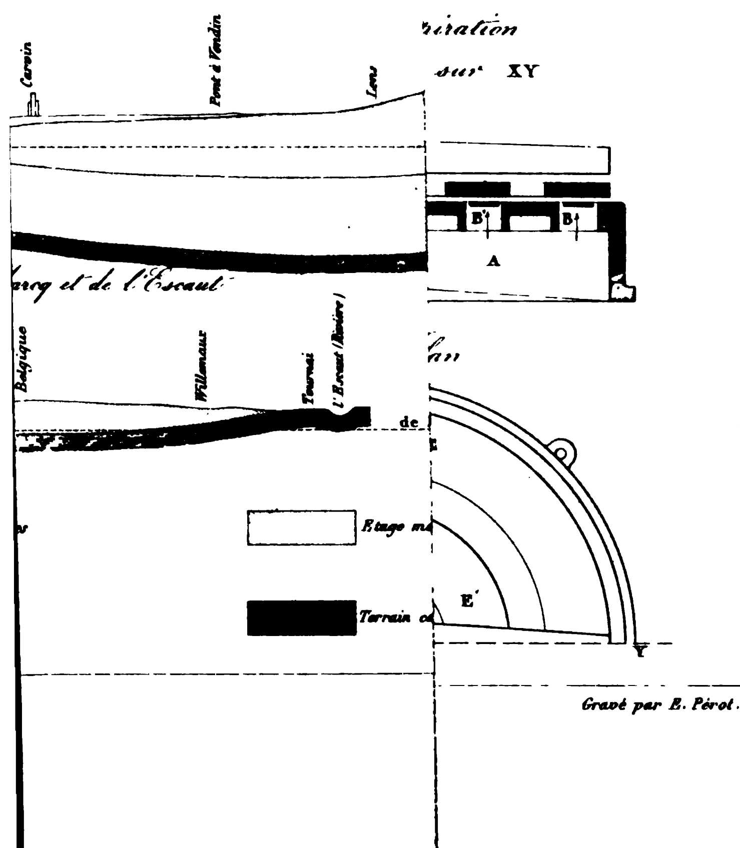
5

10 m

Gravé par R. Pérot



Gravé par E. Pérot



Gravé par E. Pérot.

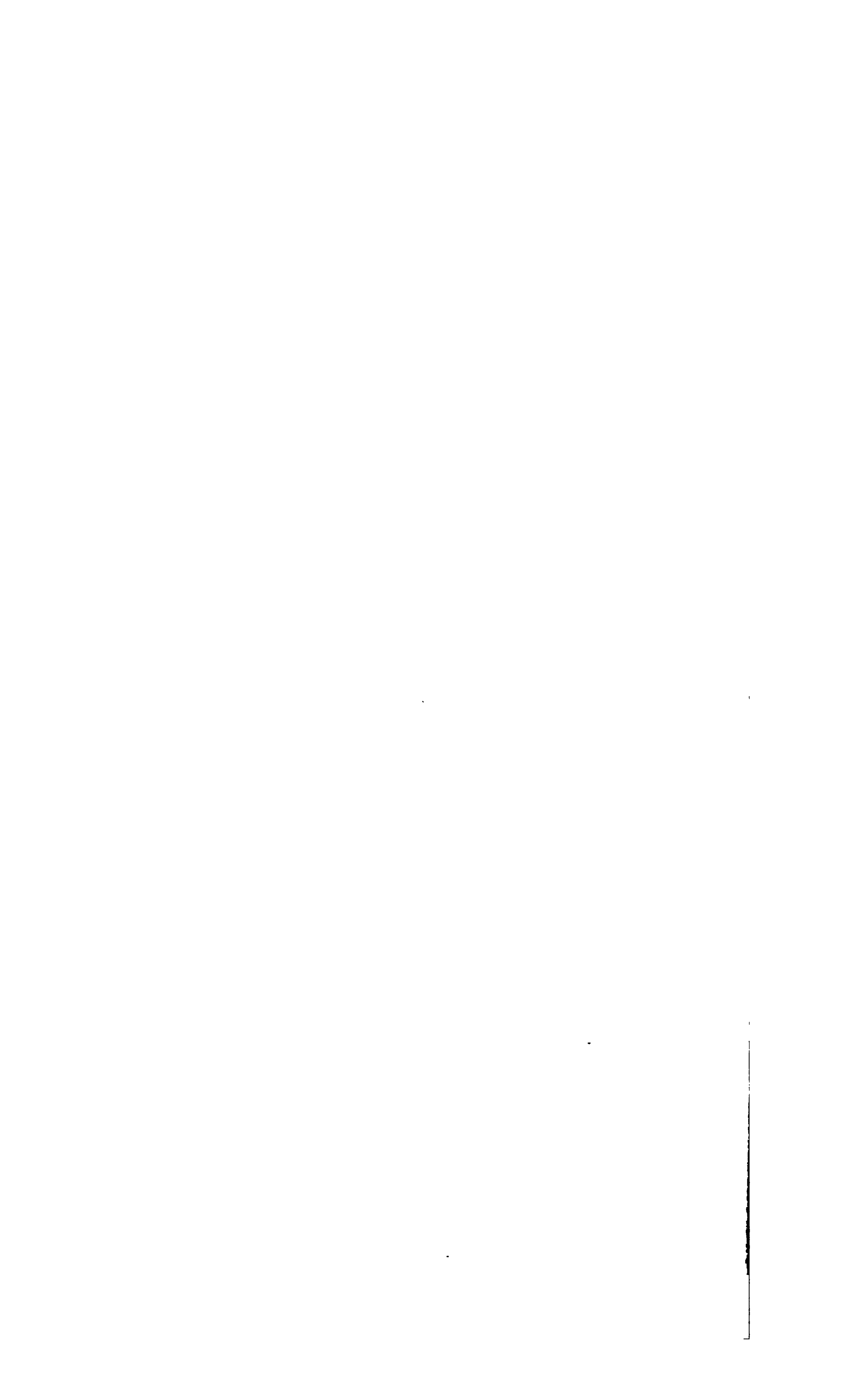


Fig. 20

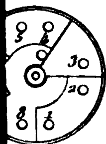


Fig. 21.

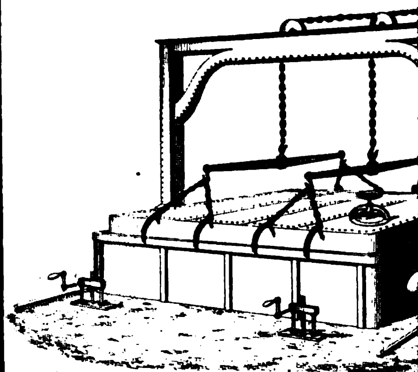
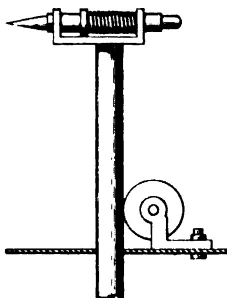
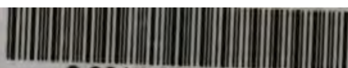


Fig. 24



Gravé par E. Pérot


3 9015 06559 7778